



**INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ**

**MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA**

**ANÁLISE DA ESTABILIDADE DA COR DO SISTEMA  
INVISALIGN® QUANDO EXPOSTO A AGENTES  
POTENCIALMENTE CORANTES**

Trabalho submetido por  
**Madalena Maria Guedes Pinto Eraclides**  
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

**setembro de 2021**





**INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ**

**MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA**

**ANÁLISE DA ESTABILIDADE DA COR DO SISTEMA  
INVISALIGN® QUANDO EXPOSTO A AGENTES  
POTENCIALMENTE CORANTES**

Trabalho submetido por  
**Madalena Maria Guedes Pinto Eraclides**  
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

Trabalho orientado por  
**Prof. Doutora Teresa Sobral Costa**

**setembro de 2021**



## **AGRADECIMENTOS**

À minha orientadora, Prof. Doutora Teresa Sobral Costa, não só pelo apoio, disponibilidade e dedicação ao longo do desenvolvimento deste trabalho, mas também pela partilha de conhecimentos e pelo exemplo do que é ser uma boa profissional.

Ao Prof. Doutor Luís Proença, pelo auxílio imprescindível na análise estatística.

Ao Prof. Doutor Mário Polido, pelo consentimento da utilização do laboratório.

Ao Instituto Universitário Egas Moniz, por todos os momentos de aprendizagem que impulsionaram o meu desenvolvimento profissional.

À Isabel Jacques, pela paciência, dedicação e por todos os conselhos indispensáveis nesta última etapa do meu percurso académico.

Aos amigos que surgiram durante esta jornada, Joana Pombo Lopes, Mariana Machete, Daniel Cruz, Inês Magalhães e Mariana Patrão, por terem tornado esta longa caminhada bastante mais leve e divertida.

Às minhas amigas de longa data, Inês Demetrion, Inês Soares, Mariana Vilhena e Rute Afonso, por todos os momentos que passámos e por todas as conquistas que ainda estão por vir.

A toda a minha família, em particular aos meus pais que tudo fizeram para que este sonho se tornasse realidade. Muito obrigada pelo apoio incondicional, pelos valores inculcados e pela dedicação e amizade.

A todos os que me apoiaram ao longo deste percurso.



## RESUMO

**Objetivo:** Analisar a estabilidade da cor dos alinhadores Invisalign® quando expostos a agentes potencialmente corantes.

**Materiais e Métodos:** A amostra composta por 240 alinhadores da marca Invisalign® foi aleatoriamente distribuída por 4 soluções potencialmente corantes (café, vinho tinto, sumo de laranja natural e Coca-Cola®) e pelo meio de controlo (água destilada). Os alinhadores imersos nos meios foram armazenados numa estufa a 37°C. A análise da estabilidade da cor foi realizada em três tempos experimentais: antes de colocar nas soluções potencialmente corantes (T0), após 7 dias de exposição (T1) e ao fim de 14 dias de contacto (T2). Para a sua determinação recorreu-se ao espectrofotómetro SpectroShade™ Micro, através do sistema CIE L\*a\*b\*, e à fotografia digital. A análise estatística dos resultados obtidos foi efetuada com recurso ao programa *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS), através do teste ANOVA fatorial e do teste de comparações múltiplas, realizado este último com base no método *Tukey HSD* ( $p < 0,05$ ).

**Resultados:** Os meios de estudo café, vinho tinto e sumo de laranja natural provocaram uma alteração da cor estatisticamente significativa, contrariamente à solução Coca-Cola®. Estes resultados foram comprovados pela análise das fotografias digitais.

**Conclusões:** As soluções café, vinho tinto e sumo de laranja natural provocaram alteração da estabilidade da cor dos alinhadores do sistema Invisalign®. Contudo, o contacto com a bebida Coca-Cola® não promoveu alteração na cor dos aparelhos. Em adição, o tempo de imersão teve um efeito significativo na alteração da cor dos alinhadores, tendo esta sido significativamente diferente entre as soluções analisadas.

**Palavras-chave:** Ortodontia, Invisalign®, Estabilidade da Cor, Espectrofotómetro.





## ABSTRACT

**Objective:** Evaluate the Invisalign® aligners' colour stability when exposed to potentially coloring agents.

**Materials and Methods:** The sample composed by 240 Invisalign® aligners was randomly distributed by 4 potentially coloring solutions (coffee, red wine, natural orange juice and Coca-Cola®) and the control medium (distilled water). The aligners immersed in the solutions were stored in an incubator at 37°C. Colour stability analysis was performed in three experimental times: before placing in the potentially coloring solutions (T0), after 7 days of exposure (T1) and following 14 days of exposure (T2). For the evaluation, it was used a SpectroShade™ Micro spectrophotometer, by the CIE L\*a\*b\*system, as well as digital photography. The statistical analysis of the results was achieved using the Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) program, through the factorial ANOVA test and the multiple comparisons test, the latter performed using the Tukey HSD method ( $p < 0,05$ ).

**Results:** The solutions coffee, red wine and natural orange juice caused significant colour change, contrary to the solution Coca-Cola®. These results were proven by the analysis of digital photographs.

**Conclusions:** The solutions coffee, red wine and natural orange juice caused changes in the colour stability of the Invisalign® system's aligners. However, Coca-Cola® did not promote any change to the device's colour. In addition, immersion time had a significant effect on the colour change of the devices, noting significant differences between the solutions analysed.

**Keywords:** Orthodontics, Invisalign®, Colour Stability, Spectrophotometer.



## ÍNDICE

I.	INTRODUÇÃO.....	15
1.	Contextualização e justificação do trabalho .....	15
2.	Revisão bibliográfica.....	15
2.1.	Má oclusão .....	15
2.2.	Alinhadores .....	16
2.2.1.	Sistema Invisalign® .....	17
2.2.1.1.	Etapas de produção e aplicação do sistema Invisalign® .....	17
2.2.1.2.	Indicações e limitações do sistema Invisalign® .....	19
2.2.1.3.	Vantagens e desvantagens do sistema Invisalign® .....	20
2.3.	Avaliação da cor.....	22
2.3.1.	Avaliação visual da cor.....	22
2.3.2.	Avaliação instrumental da cor .....	23
2.3.2.1.	Espectrofotómetro .....	23
2.3.2.1.1.	SpectroShade™ Micro .....	24
2.3.2.2.	Fotografia digital.....	25
2.4.	Análise da alimentação da população portuguesa.....	26
2.5.	Estudos precedentes da análise da estabilidade da cor dos alinhadores Invisalign® .....	27
II.	OBJETIVOS.....	31
3.	Questões de estudo .....	31
III.	MATERIAIS E MÉTODOS.....	33
4.	Amostra do estudo .....	33
5.	Materiais .....	33
6.	Métodos .....	35
6.1.	Preparação da amostra.....	35
6.2.	Análise da estabilidade da cor .....	35
6.2.1.	Análise da estabilidade da cor com recurso ao espectrofotómetro.....	36
6.2.1.1.	Calibração do espectrofotómetro .....	37
6.2.1.2.	Determinação da cor da amostra.....	37
6.2.2.	Análise da estabilidade da cor com recurso à fotografia digital.....	39
7.	Análise estatística .....	40
IV.	RESULTADOS .....	41
8.	Análise da estabilidade da cor com recurso ao espectrofotómetro.....	41
9.	Análise da estabilidade da cor com recurso à fotografia digital.....	46

V. DISCUSSÃO.....	49
VI. PERSPETIVAS FUTURAS.....	57
VII. CONCLUSÃO.....	59
VIII.BIBLIOGRAFIA.....	61

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- Recipientes de vidro onde as soluções e os alinhadores foram colocados. ....	35
Figura 2- Recipiente de vidro com duas placas deste material, alinhadores e água destilada. ....	36
Figura 3- Vista externa (A) e vista interna (B) da estufa de incubação onde as amostras foram guardadas. ....	36
Figura 4- Vista frontal (A) e vista lateral (B) do espectrofotômetro SpectroShade™ Micro. ....	37
Figura 5- Calibração do espectrofotômetro SpectroShade™ Micro com recurso ao azulejo de cor branca (A) e ao azulejo de cor verde (B). ....	37
Figura 6- Campânula, alinhador superior, com modelo do dente 21 em resina composta, e base estabilizadora de silicone de adição. ....	38
Figura 7- Linha horizontal verde (A), laranja (B) e vermelha (C) aquando da medição da cor da amostra. ....	39
Figura 8- Resultado da medição da cor da amostra. ....	39
Figura 9- Máquina fotográfica Fujifilm FinePix S9600 com tripé. ....	40
Figura 10- Gráfico representativo do comportamento dos grupos ao longo da atividade experimental. ....	45
Figura 11- Fotografias dos alinhadores expostos aos diferentes líquidos nos três tempos experimentais. ....	47



## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1- Resumo dos estudos precedentes da análise da estabilidade da cor dos alinhadores Invisalign®, por ordem cronológica. ....	28
Tabela 2- Soluções empregues no estudo.....	34
Tabela 3- Média, desvio-padrão, valor mínimo e máximo de $\Delta E^*$ após 7 e após 14 dias de exposição em cada solução e resultados do teste de comparações múltiplas, realizado através do método de <i>Tukey HSD</i> .....	44
Tabela 4- Resultados do teste ANOVA fatorial. ....	45





## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Valores médios das coordenadas $L^*$ , $a^*$ e $b^*$ dos alinhadores no tempo T0.	41
Gráfico 2- Valores médios das coordenadas $L^*$ , $a^*$ e $b^*$ dos alinhadores expostos às soluções no tempo T1.....	42
Gráfico 3- Valores médios das coordenadas $L^*$ , $a^*$ e $b^*$ dos alinhadores expostos às soluções no tempo T2.....	43



## **LISTA DE ABREVIATURAS**

CAD- *Computer-Aided-Design*

CAM- *Computer-Aided-Manufacturing*

CIE- *Commission Internationale de l'Eclairage*

IUEM- Instituto Universitário Egas Moniz

LED- *Light Emitting Diode*

SPSS- *Statistical Package for the Social Sciences*

$\Delta E^*$ - Delta E



## **I. INTRODUÇÃO**

### **1. Contextualização e justificação do trabalho**

Atualmente, denota-se um aumento na procura quer por parte dos doentes quer dos médicos dentistas de tratamentos minimamente invasivos, que conciliem a eficácia com a estética. Assim, como consequência desta necessidade, surgem os alinhadores, que foram popularizados através do aparecimento dos aparelhos Invisalign®.

Os alinhadores da marca Invisalign® são dispositivos ortodônticos praticamente impercetíveis, que vão ao encontro das expectativas dos pacientes que desejam uma solução mais estética e discreta. Segundo o fabricante, entre outras recomendações, estes aparelhos devem ser removidos aquando do período de ingestão de bebidas. Todavia, alguns pacientes desvalorizam estas considerações e ingerem soluções potencialmente corantes com os alinhadores na cavidade oral. Assim, embora este sistema tenha alcançado grande desenvolvimento científico, é necessário avaliar se a estabilidade da cor dos dispositivos se mantém após este tipo de comportamento, uma vez que, se tal propriedade não se verificar, a aparência dos mesmos poderá sofrer alterações, comprometendo uma das vantagens deste sistema.

Atendendo ao regime alimentar da população portuguesa, considerou-se apropriado analisar a estabilidade da cor dos alinhadores Invisalign®, após a exposição a quatro soluções frequentemente ingeridas: café, vinho tinto, sumo de laranja natural e Coca-Cola®.

Caso se verifique uma alteração da estabilidade da cor dos alinhadores Invisalign® perante o contacto com as soluções analisadas, os médicos dentistas poderão informar e consciencializar os pacientes relativamente à correta utilização dos dispositivos, com o intuito de otimizar a estética dos mesmos. Em adição, esta correlação poderá ser útil para o fabricante, uma vez que permitirá um maior conhecimento sobre os alinhadores.

### **2. Revisão bibliográfica**

#### **2.1. Má oclusão**

Uma má oclusão corresponde a qualquer modificação que ocorra na oclusão dentária normal, podendo estas modificações serem definidas quer como o desalinhamento dos

dentes quer como a má relação entre a arcada dentária superior e inferior (Pinto et al., 2008). É, deste modo, considerada uma patologia multifatorial (Pinto et al., 2008), que tanto pode resultar da contribuição de fatores genéticos, como ambientais ou étnicos (Alhammadi et al., 2018). Esta anomalia apresenta, assim, uma influência negativa na função e na saúde oral (Guo et al., 2016), dado que aumenta a prevalência de traumas oclusais, de doença periodontal e de cárie dentária, manifestando ainda um impacto adverso na vida social e profissional dos indivíduos (Proffit et al., 2013).

A má oclusão é considerada uma problemática de saúde pública, que exerce um impacto nocivo na qualidade de vida dos indivíduos (Marques et al., 2005). Contudo, verificou-se que aqueles que realizam tratamento ortodôntico para a mesma melhoram substancialmente o impacto negativo que esta exerce nos aspetos funcionais, psicológicos e sociais (Proffit et al., 2013).

## 2.2. Alinhadores

A origem do termo “ortodontia” resulta da união das seguintes palavras, *orthos* e *dontos* que significam, respetivamente, normal ou direito e dentes (Srivastava et al., 2017). Esta área da medicina dentária tem como objetivo alcançar uma oclusão estável do ponto de vista funcional e estético, melhorando a qualidade de vida dos doentes (Srivastava et al., 2017).

Os alinhadores são dispositivos ortodônticos discretos e indicados para indivíduos que priorizam a estética (Neto, 2016). Estes, tal como a ortodontia lingual e os *brackets* estéticos, representam uma alternativa aos aparelhos fixos convencionais (Acar et al., 2014; Kumar et al., 2018), que são considerados pouco atrativos (Srivastava et al., 2017), devido à elevada exposição de metal que está associada ao uso dos mesmos (Ziuchkovski et al., 2008). O tratamento com recurso aos alinhadores baseia-se na aplicação sequencial destes dispositivos transparentes e flexíveis, que se encontram adaptados aos dentes e que os movimentam progressivamente para a posição desejada (Balachandran et al., 2019; Barone et al., 2017).

Os alinhadores são uma evolução do aparelho *tooth positioner*, que tinha sido anteriormente desenvolvido por Harold Kesling em 1945 (Weir, 2017). Esse dispositivo, composto por uma borracha transparente, era utilizado, outrora, na última fase do tratamento ortodôntico para o posicionamento final e retenção das peças dentárias

(Kesling, 1945). Recorrendo a uma técnica idêntica, Robert Ponitz, em 1971, desenvolveu um aparelho transparente moldado a vácuo, o *invisible retainer*, que partilhava o mesmo intuito do dispositivo anterior (McNamara et al., 1985; Ponitz, 1971). Posteriormente, o aparelho foi aperfeiçoado por James McNamara, em 1985, que, ao contrário do autor precedente, moldava os dispositivos com recurso à pressão do ar (McNamara et al., 1985). No ano de 1993, foi introduzido por John Sheridan um aparelho transparente, designado por Essix®, que permitia o alinhamento dos dentes e a posterior retenção (Anbuselvan et al., 2012).

Os alinhadores têm sido parte integrante da medicina dentária durante décadas e a conjugação dos mesmos com uma tecnologia inovadora possibilitou o desenvolvimento de um conjunto de marcas, as quais diferem entre si quanto ao método de produção e ao tipo de má oclusão em que atuam (Weir, 2017).

### **2.2.1. Sistema Invisalign®**

O sistema Invisalign® foi desenvolvido em 1997 pela empresa Align Technology, Inc. e, posteriormente, em 1999 ficou disponível para os ortodontistas (Phan & Ling, 2007).

Este sistema de alinhadores é mundialmente reconhecido e, até à data, está disponível em mais de 100 países (Align Technology, 2021). Existem atualmente mais de 200.000 médicos dentistas formados para a utilização do mesmo, tendo já sido tratados mais de 10,2 milhões de pacientes com este procedimento (Align Technology, 2021).

#### **2.2.1.1. Etapas de produção e aplicação do sistema Invisalign®**

O sucesso do tratamento ortodôntico com o sistema Invisalign® depende do correto diagnóstico e da correta determinação do plano de tratamento (Balachandran et al., 2019). Neste sentido, é necessário realizar uma história clínica adequada, exames radiográficos e fotografias intra e extraorais para a avaliação de cada caso concreto (Joffe, 2003; Kumar et al., 2018; Phan & Ling, 2007). Nesta fase inicial, também é indispensável efetuar um registo de mordida e impressões à cavidade oral com recurso a um material polivinil (Kumar et al., 2018; Murthy & Vijay, 2011; Phan & Ling, 2007; Thukral & Gupta, 2015). Em alternativa a estas impressões, pode recorrer-se ao *scan* intraoral (Weir, 2017).

Após estes procedimentos, todo o material recolhido é enviado para a empresa Align Technology, Inc. para a confecção dos alinhadores (Kumar et al., 2018; Phan & Ling, 2007; Srivastava et al., 2017). Estes são manufaturados através de um sistema de *computer-aided-design* (CAD) e *computer-aided-manufacturing* (CAM) (Phan & Ling, 2007), que permite fazer com que estes dispositivos fiquem extremamente adaptados às peças dentárias (Srivastava et al., 2017). Primeiramente, através da tecnologia CAD, obtém-se um ficheiro, disponível para ser tratado no computador, que corresponde à reconstrução em três dimensões da cavidade oral do paciente (Beldiman et al., 2020). Para que tal possa ocorrer é necessário realizar um *scan* dos modelos de gesso, obtidos através das impressões efetuadas ao paciente, ou utilizar o *scan* intraoral anteriormente adquirido (Beldiman et al., 2020). A réplica digital da cavidade oral do doente é manipulada por um *software*, denominado ClinCheck® (Malik et al., 2013). Este programa permite determinar o plano de tratamento e analisar a necessidade de expansão das arcadas dentárias, de redução interproximal, de extração, de distalização e de proinclinação dos dentes (Kumar et al., 2018; Malik et al., 2013). Através deste *software*, o clínico analisa a sequência do tratamento e, caso seja necessário, efetua modificações ao mesmo (Joffe, 2003; Murthy & Vijay, 2011; Phan & Ling, 2007). Posteriormente, a tecnologia CAM promove a confecção de vários modelos, que representam a evolução do tratamento, com recurso a uma impressora 3D para posterior utilização na elaboração dos alinhadores (Beldiman et al., 2020).

Estes dispositivos são fabricados a partir de um material poliuretano biocompatível, que é designado por SmartTrack® (Beldiman et al., 2020). Este, quando comparado com o material anteriormente utilizado por esta marca, exhibe, de acordo com o fabricante, maior controlo do movimento dentário, dado que executa forças constantes e demonstra melhor adaptação às peças dentárias, características estas que resultam da sua elevada elasticidade (Beldiman et al., 2020; Bräscher et al., 2016). Apresenta ainda elevados benefícios para o paciente, uma vez que provoca menor dor máxima, menor duração de dor, diminuição da pressão aquando da inserção dos alinhadores e maior conforto (Bräscher et al., 2016). No entanto, como resultado da elevada elasticidade pode apresentar maior alteração da cor (Bräscher et al., 2016).

No ato de entrega do sistema Invisalign® o médico dentista deve fornecer ao paciente informações relevantes sobre a utilização do mesmo (Joffe, 2003). Deste modo, recomenda-se o uso dos alinhadores entre 20 a 22 horas por dia, com exceção dos



períodos de alimentação, de ingestão de bebidas e de higienização da cavidade oral (Phan & Ling, 2007). Cada alinhador deve ser trocado após 7 a 14 dias de utilização (Houle et al., 2017), dependendo da complexidade e da severidade da má oclusão do paciente (Galan-Lopez et al., 2019), respeitando uma ordem específica (Phan & Ling, 2007). Deverá ainda ser indicado ao doente que a extensão da terapia poderá variar entre 7 a 15 meses (Srivastava et al., 2017), dependendo da gravidade da má oclusão (Papadimitriou et al., 2018). Por fim, sugere-se a realização das consultas de revisão com uma periodicidade que deverá oscilar entre 6 a 8 semanas (Srivastava et al., 2017).

#### **2.2.1.2. Indicações e limitações do sistema Invisalign®**

Inicialmente, o sistema Invisalign® tinha como objetivo intervir em casos de maloclusões *minor*, como correções de apinhamentos mínimos a moderados e encerramento de diastemas pequenos (Galan-Lopez et al., 2019). No entanto, a evolução deste mecanismo veio permitir o tratamento de um conjunto de más oclusões, que, até à data, eram contraindicadas (Galan-Lopez et al., 2019). Para tal, recorre-se ao uso dos *attachments*, *bite ramps*, botões, *precision cuts*, *pressure points*, *power arms* e *power ridges*, de modo a realizar movimentos complexos com maior eficácia, pois proporcionam melhor controlo do movimento dentário (Weir, 2017). Assim, atualmente, com o auxílio destes sistemas complementares, o Invisalign® também está indicado para efetuar rotação, extrusão (Tamer et al., 2019), intrusão, verticalização dos dentes (Weir, 2017) e correções antero-posteriores (Gu et al., 2017). Para além disso, através destes sistemas, está igualmente aconselhado para o encerramento de espaços que resultam de extrações de peças dentárias (Tamer et al., 2019) e para o tratamento de *overjet* (Gu et al., 2017) e *overbite* (Papadimitriou et al., 2018). Demonstra também a capacidade de efetuar expansão das arcadas (Houle et al., 2017) e *tipping* da coroa (Papadimitriou et al., 2018).

Em oposição, este tipo de aparelho apresenta uma diminuta eficácia em realizar movimentos em dentes com coroas curtas e expulsivas (Joffe, 2003; Machado, 2020; Phan & Ling, 2007).

As indicações e as limitações deste sistema não se encontram adequadamente descritas na literatura (Papadimitriou et al., 2018) e, consequentemente, o tratamento eficaz de uma má oclusão com recurso a este dispositivo ortodôntico irá depender da experiência do clínico (Simon et al., 2014).

### **2.2.1.3. Vantagens e desvantagens do sistema Invisalign®**

O sistema Invisalign® é um dispositivo ortodôntico desenvolvido a partir de um material transparente, que permite que o mesmo seja discreto e, por isso, mais atrativo do ponto de vista estético (Joffe, 2003; Kumar et al., 2018; Malik et al., 2013). Assim, ao ser impercetível na cavidade oral, preserva a dimensão social e psicológica do paciente, permitindo que o mesmo sorria com maior segurança (Kumar et al., 2018; Srivastava et al., 2017).

Esta alternativa de tratamento ortodôntico confere maior conforto ao doente, uma vez que não possui *brackets* nem arcos de metal, os quais poderiam provocar lesões na mucosa jugal ou na língua (Kumar et al., 2018; Murthy & Vijay, 2011; Srivastava et al., 2017). Como resultado destas características, verifica-se de igual modo a ausência de problemas associados com a adesão dos mesmos aos dentes (Malik et al., 2013) e a consequente eliminação de reações alérgicas face ao uso do metal utilizado na confecção destes elementos (Srivastava et al., 2017). Salienta-se ainda que a ausência de *brackets* e de arcos permite fazer com que a consulta seja mais rápida comparativamente com o que acontece no caso dos aparelhos fixos convencionais, uma vez que não é necessário efetuar ajustes aos mesmos (Buschang et al., 2014). O número de consultas de emergência também diminui, dado que estes apresentam poucos sistemas auxiliares suscetíveis de alterações, o que corrobora o benefício dos mesmos (Buschang et al., 2014).

Outra característica vantajosa é a diminuição na predominância e severidade da reabsorção radicular apical externa em comparação com os aparelhos ortodônticos convencionais (Li et al., 2020). Esta patologia é uma das consequências mais comum que afeta os pacientes que realizam tratamento ortodôntico (Elhaddaoui et al., 2017). É um processo multifatorial (Weltman et al., 2010), que corresponde à perda definitiva de estrutura radicular na região apical do dente, prejudicando o resultado final do procedimento ortodôntico e o bem-estar do doente, uma vez que pode provocar perda da peça dentária (Li et al., 2020).

Estes aparelhos estão associados a uma diminuição da intensidade da dor nos primeiros dias de tratamento, em comparação com os aparelhos fixos convencionais, e consequentemente a uma menor ingestão de analgésicos (Cardoso et al., 2020). Esta particularidade é também um benefício, dado que a dor é uma consequência do tratamento

ortodôntico e a sua persistência pode conduzir à diminuição da cooperação do paciente (Sergl et al., 1998) e provocar a desistência do mesmo (Oliver & Knapman, 1985).

O tratamento com recurso a estes alinhadores é igualmente benéfico em pacientes bruxómanos, uma vez que não permite o contacto dentário, promovendo a manutenção dos dentes (Malik et al., 2013).

O sistema Invisalign®, por ser um dispositivo removível, permite e facilita a correta higienização da cavidade oral (Joffe, 2003; Malik et al., 2013; Murthy & Vijay, 2011; Srivastava et al., 2017; Thukral & Gupta, 2015). Deste modo, em comparação com a aparatologia fixa, verifica-se uma diminuição do desenvolvimento de lesões *white spot* (Tamer et al., 2019). Destacam-se ainda níveis de saúde periodontal superiores, uma vez que os valores de índice de placa, profundidade de sondagem e hemorragia à sondagem são inferiores aos obtidos nos dispositivos fixos (Abbate et al., 2015; Levrini et al., 2015). O estudo de Karkhanechi et al. (2013) também analisou o índice gengival que, tal como acontece com os outros parâmetros, é inferior nos pacientes que utilizam estes alinhadores. Desta forma, este tipo de dispositivo ortodôntico deve ser a primeira alternativa de tratamento em pacientes que apresentem doença periodontal (Levrini et al., 2015). Outra vantagem que advém da natureza amovível dos alinhadores é a diminuição das restrições alimentares (Murthy & Vijay, 2011).

No entanto, esta abordagem ortodôntica compreende algumas desvantagens que advêm precisamente do mesmo ser removível (Kumar et al., 2018). Assim, o clínico possui pouco controlo sobre o tratamento (Joffe, 2003; Murthy & Vijay, 2011) e elevada dependência da cooperação e motivação do paciente (Phan & Ling, 2007; Srivastava et al., 2017; Thukral & Gupta, 2015). Outra consequência negativa que resulta desta característica é a possibilidade do paciente perder estes dispositivos (Buschang et al., 2014; Phan & Ling, 2007; Srivastava et al., 2017).

Para além disto, o ortodontista não possui a capacidade de alterar, de forma imediata, o plano de tratamento, uma vez que os alinhadores são confeccionados, na sua totalidade, numa fase inicial da terapia (Joffe, 2003; Srivastava et al., 2017). Como tal, caso pretenda alterar o curso da intervenção ortodôntica, é necessário refazer algumas etapas do procedimento (Joffe, 2003; Srivastava et al., 2017). Outra desvantagem destes

alinhadores é o custo elevado que o uso dos mesmos implica (Kumar et al., 2018; Srivastava et al., 2017).

Os alinhadores do sistema Invisalign® embora tenham sofrido grandes melhorias ao longo do tempo, que permitiram fazer com que os mesmos fossem utilizados em variados casos de má oclusão, ainda apresentam, em certas circunstâncias, limitações para a sua utilização (Malik et al., 2013; Srivastava et al., 2017).

Por fim, segundo Kuncio et al. (2007), o tratamento através dos alinhadores da marca Invisalign® está associado a uma maior recidiva do desalinhamento dentário, em comparação com o aparelho fixo convencional. No entanto, esta investigação proporciona dados preliminares em relação à estabilidade das peças dentárias, após o tratamento com recurso aos alinhadores e, por isso, a interpretação destes resultados deve ser realizada com alguma cautela (Kuncio et al., 2007).

### **2.3. Avaliação da cor**

A cor de um objeto é um fenómeno que depende da quantidade de luz que é refletida da superfície do mesmo (Joiner & Luo, 2017; Kim-Pusateri et al., 2009; Ragain, 2016a). Esta resulta da interação da fonte de luz, do objeto e do detetor, que corresponde ao observador ou a um aparelho (Chu, 2003; Joiner, 2004; Khurana et al., 2007).

O conceito cor e a sua análise têm vindo a ganhar popularidade na área da medicina dentária (Khashayar et al., 2014) e, para a sua determinação, recorre-se à utilização de métodos visuais e instrumentais (Haddad et al., 2009; Joiner & Luo, 2017). Estes procedimentos apresentam vantagens e desvantagens, pelo que, para se obter um resultado adequado, devem ser analisados em simultâneo (Chu et al., 2010).

#### **2.3.1. Avaliação visual da cor**

O método visual é um processo subjetivo, que corresponde à determinação da cor da peça dentária através da comparação da cor da mesma com uma escala de cores *standard* (Haddad et al., 2009; Joiner, 2004; Ragain, 2016b). Esta escala corresponde a um conjunto de amostras que refletem a média das cores dentárias existentes na população humana (Brook et al., 2007).

Este processo é muito utilizado no campo clínico, uma vez que é um procedimento simples de aplicar (Brook et al., 2007), rápido e barato (Joiner, 2004). Em adição, é um método viável, devido à capacidade do olho humano detetar pequenas distinções de cor entre dois objetos (Chu et al., 2010; Igiel et al., 2016; Paul et al., 2002).

No entanto, esta técnica está sujeita a um conjunto de limitações que afetam a sua determinação (Lagouvardos et al., 2009; Ragain, 2016b; Sikri, 2010). Deste modo, pode ser influenciada pela luz, tipo de superfície externa e translucidez do objeto (Lehmann et al., 2010). Para além disto, fatores como o género do operador (Haddad et al., 2009), idade, experiência, fadiga, metamerismo e exposição prévia dos olhos à luz também afetam a perceção visual da cor (Sikri, 2010).

### **2.3.2. Avaliação instrumental da cor**

Com o objetivo de eliminar algumas inconsistências do método visual, foi desenvolvido o método instrumental para a determinação da cor dentária (Bahannan, 2014; Chu et al., 2010). Os instrumentos utilizados neste procedimento são o espectrofotómetro, o colorímetro, a fotografia digital, o espectro-radiómetro ou uma combinação de todos estes dispositivos (Lagouvardos et al., 2009). Esta é uma técnica mais objetiva, sendo por este motivo uma mais valia em medicina dentária (Haddad et al., 2009; Khurana et al., 2007; Sikri, 2010).

#### **2.3.2.1. Espectrofotómetro**

O espectrofotómetro é um dispositivo que analisa a composição da luz, refletida pelo objeto, em todos os comprimentos de onda do espectro da luz visível (Chu, 2003; Khurana et al., 2007; Lagouvardos et al., 2009).

Este aparelho é muito utilizado em medicina dentária para a determinação da cor devido à sua elevada precisão e exatidão (Chu, 2003; Jivanescu et al., 2010; Paul et al., 2002). Não obstante, apresenta algumas desvantagens como o custo, o desconforto para o paciente e a adversidade na determinação da cor dentária *in vivo*, devido à translucidez e curvatura dos dentes (Brook et al., 2007; Chu, 2003; Joiner, 2004; Khurana et al., 2007). Para além disto, contribui para o aumento da infeção cruzada, como consequência do contacto com a peça dentária (Brook et al., 2007).

Existem várias marcas de espectrofotômetros disponíveis que demonstram elevada confiança e que contrastam quanto ao *design* e *software* utilizado (Joiner & Luo, 2017; Ragain, 2016b).

#### 2.3.2.1.1. SpectroShade™ Micro

O SpectroShade™ Micro é um aparelho de imagem, que associa a tecnologia espectrofotométrica *light emitting diode* (LED) com uma câmara digital (Chu et al., 2010). Este dispositivo é composto por um mecanismo de calibração (Kim-Pusateri et al., 2009), que possibilita medições mais precisas (Johnston, 2009). De forma a obter uma análise mais segura, este instrumento apresenta a capacidade de medir a cor de toda a extensão da superfície dentária (Khurana et al., 2007). Como tal, os resultados são apresentados através de três formas distintas: num mapa cromático, com recurso à análise da cor de cada terço do dente ou com base na média da cor da superfície da peça dentária (Kim-Pusateri et al., 2009).

Os resultados das medições efetuadas são expressos em sistemas de coordenadas de cor, como *Commission Internationale de l'Eclairage* (CIE)  $L^*a^*b^*$  e CIE  $L^*c^*h^*$ , e, simultaneamente, numa escala de cores *standard* (Chu, 2003). O sistema CIE  $L^*a^*b^*$  foi elaborado no ano de 1976 com o intuito aprimorar e padronizar a interpretação da cor dentária (Joiner & Luo, 2017; Ragain, 2016a). Neste sentido, através das três coordenadas,  $L^*a^*b^*$ , é capaz de exprimir todas as cores que estão na gama do espectro visível (Lagouvardos et al., 2009; Mokrzycki & Tatol, 2011). Desta forma, o parâmetro  $L^*$  corresponde ao valor do objeto a ser medido (Brook et al., 2007; Joiner, 2004; Kim-Pusateri et al., 2009; Lagouvardos et al., 2009; Mokrzycki & Tatol, 2011; Ragain, 2016a; Sikri, 2010). Este abrange valores entre 0, que representa a cor preta, e 100, que retrata a cor branca (Joiner, 2004; Joiner & Luo, 2017; Mokrzycki & Tatol, 2011; Sikri, 2010). Já os parâmetros  $a^*$  e  $b^*$  dizem respeito às propriedades cromáticas da cor (Kim-Pusateri et al., 2009; Ragain, 2016a; Sikri, 2010). A coordenada  $a^*$  corresponde concretamente ao eixo vermelho-verde (Brook et al., 2007; Joiner & Luo, 2017; Kim-Pusateri et al., 2009; Sikri, 2010), onde valores negativos representam a cor verde e os valores positivos a cor vermelha (Joiner, 2004; Lagouvardos et al., 2009; Ragain, 2016a; Sikri, 2010). Por sua vez, a coordenada  $b^*$  corresponde ao eixo amarelo-azul (Brook et al., 2007; Joiner & Luo, 2017; Kim-Pusateri et al., 2009) e, neste caso, para a cor azul os números são negativos e perante a cor amarela os valores são positivos (Joiner, 2004; Lagouvardos et al., 2009;

Ragain, 2016a). As coordenadas  $a^*$  e  $b^*$  com cores neutras, como branco ou cinzento, alcançam valores próximos de zero e com cores mais saturadas os seus valores aumentam (Joiner, 2004; Mokrzycki & Tatol, 2011; Ragain, 2016a).

A diferença de cor entre dois objetos, delta E ( $\Delta E^*$ ), pode ser quantificada com recurso à fórmula  $\Delta E^* = \sqrt{((\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2)}$ , utilizando os resultados obtidos pelo espectrofotómetro (Mokrzycki & Tatol, 2011; Ragain, 2016a; Sikri, 2010). Nesta,  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$  e  $\Delta b^*$  correspondem à diferença das coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  entre as duas amostras, respetivamente (Pecho et al., 2016). O  $\Delta E^*$  pode ser caracterizado através do limite de aceitabilidade, que corresponde ao valor a partir do qual a alteração da cor é inaceitável nos materiais estéticos em medicina dentária (Khashayar et al., 2014). Este limite assume valores de  $\Delta E^*$  de 2; 2,7; 3,3 e 3,7 sendo os dois últimos os mais utilizados nos estudos de análise da cor (Khashayar et al., 2014).

O SpectroShade™ Micro demonstra uma elevada taxa de fiabilidade e de precisão, que correspondem à capacidade do aparelho medir sempre a mesma cor e à competência em determinar a cor correta, respetivamente (Kim-Pusateri et al., 2009). Assim, apresenta uma taxa de fiabilidade de 82,7%, de acordo com Khurana et al. (2007), e de 96,6 %, segundo o estudo de Kim-Pusateri et al. (2009). No que diz respeito à precisão, este apresenta valores na ordem dos 80,2% (Kim-Pusateri et al., 2009).

### **2.3.2.2. Fotografia digital**

A câmara digital é um dispositivo que permite a aquisição de uma imagem, a fotografia digital, que pode ser, posteriormente, analisada para a determinação da cor da amostra (Jarad et al., 2005). O recurso a este instrumento para o estudo da cor de um objeto encontra-se ainda dependente da subjetividade do olho humano (Chu et al., 2010).

A aquisição de uma boa imagem e, conseqüentemente, de uma correta determinação da cor dependem de vários parâmetros, entre eles o tipo de dispositivo que se utiliza, a iluminação e o meio envolvente (Hong et al., 2001).

As principais vantagens deste método são o baixo custo (Jarad et al., 2005; Ragain, 2016b; Wee et al., 2006), a facilidade de utilização, a ausência de contacto entre o dispositivo e os dentes, a possibilidade de observar toda a superfície dentária e a

permanência das imagens numa base de dados que permite a reavaliação das mesmas a qualquer momento (Joiner & Luo, 2017).

## **2.4. Análise da alimentação da população portuguesa**

Portugal, devido à sua história e costumes sociais e culturais, é um país mediterrânico, que possui a dieta característica desta região: a dieta mediterrânica (Pinho et al., 2016). Esta é considerada uma referência para a preservação da saúde e do meio ambiente, dado que se caracteriza pelo consumo de produtos frescos e locais (Pinho et al., 2016).

O vinho é um elemento essencial deste regime alimentar (Pinho et al., 2016), destacando-se como a bebida alcoólica mais consumida pela população portuguesa, de acordo com Lopes et al. (2017). Para os portugueses, a preferência recai sobre o vinho tinto, seguido do branco, do verde, do fortificado, do rosé e, por fim, do espumante (Ribeiro, 2014). No que diz respeito à saúde oral, a ingestão desta bebida reduz a incidência da doença periodontal (Wagner et al., 2019), mas, quando consumido em excesso, provoca erosão dentária e pigmentação extrínseca (Cynthia et al., 2015).

O consumo de refrigerantes pela população portuguesa tem vindo a aumentar consideravelmente, sendo, assim, a segunda bebida não alcoólica mais consumida (Lopes et al., 2017). Verifica-se que nesta população a sua prevalência de consumo diário é de cerca de 88 gramas (Lopes et al., 2017). Na cavidade oral, a ingestão deste tipo de líquidos provoca cáries e erosão dentária, devido aos seus efeitos cariogénicos e acidogénicos, que resultam da taxa elevada de açúcar e de ácidos que os mesmos apresentam (Tahmassebi & BaniHani, 2020). É de salientar ainda que os refrigerantes que integram cafeína, como a Coca-Cola®, provocam pigmentação dentária extrínseca (Cynthia et al., 2015).

O café é uma das bebidas mais ingeridas pela população mundial, devido ao aroma, sabor e efeito estimulante (Nieber, 2017). Segundo Lopes et al. (2017), a população portuguesa consome, por dia, cerca de 55 gramas, assumindo, deste modo, o quarto lugar como a bebida não alcoólica mais consumida por esta população. Relativamente à saúde oral, o consumo desta bebida provoca erosão (Manno et al., 2018) e pigmentação dentária, resultando esta última da presença de taninos (Cynthia et al., 2015).

Outro tipo de bebida muito consumida pela população portuguesa são os sumos de fruta natural e sumos 100%, cuja prevalência de consumo por dia são 22 gramas,



correspondendo assim ao quinto lugar como a bebida não alcoólica mais consumida por esta população (Lopes et al., 2017). Em relação à cavidade oral, o consumo destas pode provocar erosão dentária (Milosevic, 2017).

## **2.5. Estudos precedentes da análise da estabilidade da cor dos alinhadores Invisalign®**

Decorrente da pesquisa bibliográfica foi possível encontrar estudos *in vitro* que têm desenvolvido esta questão tanto no sistema Invisalign® como em outras marcas de alinhadores (Bernard et al., 2020; Daniele et al., 2020; Liu et al., 2016; Memè et al., 2021; Neves, 2020; Porojan et al., 2020; Zafeiriadis et al., 2014). Contudo, como o presente estudo analisa a estabilidade da cor da marca Invisalign®, serão apenas descritos na tabela 1 as conclusões dos artigos relativamente a esta marca de alinhadores. Assim, tendo em conta os dados reunidos, constata-se um consenso quanto à alteração da cor após a exposição à solução café, segundo Bernard et al. 2020, Liu et al. 2016 e Memè et al. 2021, e vinho tinto, conforme Bernard et al. 2020 e Liu et al. 2016. Verifica-se, ainda, concordância no que concerne à manutenção da cor dos alinhadores após o contacto com a bebida Coca-Cola® (Bernard et al., 2020; Memè et al., 2021). No entanto, os resultados são dispares relativamente à estabilidade da cor após a exposição à solução chá preto, visto que Bernard et al. (2020), Liu et al. (2016) e Memè et al. (2021) obtiveram alteração, em oposição à investigação de Neves (2020).

Tabela 1- Resumo dos estudos precedentes da análise da estabilidade da cor dos alinhadores Invisalign®, por ordem cronológica.

<b>Autores/Ano</b>	<b>Amostra</b>	<b>Meios Utilizados</b>	<b>Método Utilizado</b>	<b>Tempo de Imersão</b>	<b>Resultados</b>
<b>(Liu et al., 2016)</b>	Para este estudo foram utilizados 60 alinhadores. Destes, 20 dispositivos eram do sistema Invisalign®.	As soluções utilizadas para este estudo foram: água destilada (grupo de controlo), café, chá preto e vinho tinto.	Para a análise da estabilidade da cor este estudo recorreu ao espectrofotómetro e à fotografia digital.	Imersão contínua dos alinhadores nas soluções utilizadas. A análise da estabilidade da cor decorreu em três tempos: antes da imersão das amostras nas soluções (T0), após 12 horas de exposição (T1) e ao fim de 7 dias (T2).	Os alinhadores do sistema Invisalign® apresentaram alteração da estabilidade da cor após 12 horas de exposição ao café. Também se verificou alteração cromática após 7 dias de contacto com as soluções café, chá preto e vinho tinto.
<b>(Bernard et al., 2020)</b>	Para este estudo foram utilizados 300 alinhadores, dos quais 100 pertenciam ao sistema Invisalign®.	As soluções utilizadas para este estudo foram: saliva artificial (grupo de controlo), café, chá preto, vinho tinto e Coca-Cola®.	Para a análise da estabilidade da cor este estudo recorreu ao scanner e à fotografia digital.	Imersão contínua dos alinhadores nas soluções utilizadas. A análise da estabilidade da cor decorreu em três tempos: antes da imersão das amostras nas soluções (T0), após 12 horas de exposição (T1) e ao fim de 7 dias (T2).	Os alinhadores do sistema Invisalign® apresentaram alteração da estabilidade da cor após 12 horas de exposição ao café e vinho tinto. Ainda se verificou alteração cromática após 7 dias de contacto com as soluções café, vinho tinto e chá preto. O contacto com a solução Coca-Cola® não provocou alteração da estabilidade da cor.

Tabela 1- Resumo dos estudos precedentes da análise da estabilidade da cor dos alinhadores Invisalign®, por ordem cronológica (continuação).

<b>(Neves, 2020)</b>	Para este estudo foram utilizados 80 alinhadores do sistema Invisalign®.	As soluções utilizadas para este estudo foram: soro fisiológico (grupo de controlo), água, leite, chá preto e cerveja.	Para a análise da estabilidade da cor este estudo recorreu ao espectrofotómetro e à fotografia digital.	Imersão contínua dos alinhadores nas soluções utilizadas. A análise da estabilidade da cor decorreu em três tempos: antes da imersão das amostras nas soluções (T0), após 7 dias de exposição (T1) e ao final de 14 dias (T2).	Os alinhadores do sistema Invisalign® após a exposição às soluções utilizadas não exibiram alteração da estabilidade da cor.
<b>(Memè et al., 2021)</b>	Para este estudo foram utilizados 12 alinhadores do sistema Invisalign®.	As soluções utilizadas para este estudo foram: café, chá preto e Coca-Cola®. Em adição, este estudo também analisou o efeito da radiação ultravioleta.	Para a análise da estabilidade da cor este estudo recorreu ao colorímetro e à fotografia digital.	Imersão contínua dos alinhadores nas soluções utilizadas. A análise da estabilidade da cor decorreu em dois tempos: após 24 horas de exposição e ao final de 48 horas.	Os alinhadores do sistema Invisalign® após 24 e 48 horas de exposição ao café, chá preto e à radiação ultravioleta manifestaram alteração da estabilidade da cor. O contacto com a solução Coca-Cola® não provocou alteração da estabilidade da cor.



## II. OBJETIVOS

Este estudo tem como objetivo analisar a estabilidade da cor dos alinhadores Invisalign® quando expostos a agentes potencialmente corantes.

### 3. Questões de estudo

**Questão 1:** Há alteração da cor dos alinhadores após a exposição aos meios utilizados (café, vinho tinto, sumo de laranja natural e Coca-Cola®)?

Hipótese nula: Não há alteração da cor dos alinhadores após a exposição aos meios utilizados (café, vinho tinto, sumo de laranja natural e Coca-Cola®).

Hipótese alternativa: Há alteração da cor dos alinhadores após a exposição aos meios utilizados (café, vinho tinto, sumo de laranja natural e Coca-Cola®).

**Questão 2:** A intensidade da alteração da cor dos alinhadores após a exposição aos meios utilizados (café, vinho tinto, sumo de laranja natural e Coca-Cola®) é influenciada pelo tempo de imersão?

Hipótese nula: A intensidade da alteração da cor após a exposição aos meios utilizados (café, vinho tinto, sumo de laranja natural e Coca-Cola®) não é influenciada pelo tempo de imersão.

Hipótese alternativa: A intensidade da alteração da cor após a exposição aos meios utilizados (café, vinho tinto, sumo de laranja natural e Coca-Cola®) é influenciada pelo tempo de imersão.

**Questão 3:** A alteração da cor dos alinhadores após a exposição aos meios utilizados (café, vinho tinto, sumo de laranja natural e Coca-Cola®) é diferente?

Hipótese nula: A alteração da cor não é diferente entre os meios utilizados (café, vinho tinto, sumo de laranja natural e Coca-Cola®).

Hipótese alternativa: A alteração da cor é diferente entre os meios utilizados (café, vinho tinto, sumo de laranja natural e Coca-Cola®).



### **III. MATERIAIS E MÉTODOS**

O presente estudo, em relação ao tipo de investigação, é aplicado, quanto à metodologia, é quantitativo e, no que diz respeito ao desenho do estudo, é experimental.

O mesmo decorreu no laboratório de Biomateriais do Instituto Universitário Egas Moniz (IUEM) (Anexo I).

#### **4. Amostra do estudo**

Para a realização desta investigação recorreu-se a 240 alinhadores do sistema Invisalign® (Align Technology Inc., San Jose, CA, USA) de pacientes distintos, que nunca tinham sido empregues na cavidade oral.

#### **5. Materiais**

As soluções onde a estabilidade da cor foi estudada foram: café (Nescafé®), vinho tinto (Continente®), sumo de laranja natural (Continente®) e Coca-Cola® (The Coca-Cola Company). O meio de controlo utilizado foi água destilada (W5®). Estes materiais estão discriminados na tabela 2, onde é indicado o modo de preparação dos mesmos.

Tabela 2- Soluções empregues no estudo.

Solução/ Fabricante	Preparação	Imagem
Água Destilada (W5®)	Solução pronta para uso	
Cafê (Nescafé®)	Solução preparada com 7g de café em pó em 400ml de água destilada a ferver	
Vinho Tinto (Continente®)	Solução pronta para uso	
Sumo de Laranja Natural (Continente®)	Solução pronta para uso	
Coca-Cola® (The Coca-Cola Company)	Solução pronta para uso	



## 6. Métodos

### 6.1. Preparação da amostra

Os alinhadores do sistema Invisalign® foram lavados com água destilada para remover algumas partículas previamente existentes aquando do fabrico dos mesmos.

### 6.2. Análise da estabilidade da cor

O estudo da estabilidade da cor foi realizado com recurso ao espectrofotómetro e à fotografia digital, em três tempos: antes da colocação dos alinhadores nas soluções (T0), após 7 dias de exposição (T1) e após 14 dias de contacto (T2).

Os 240 alinhadores foram distribuídos por 4 soluções potencialmente corantes (café, vinho tinto, sumo de laranja natural e Coca-Cola®) e pelo meio de controlo (água destilada), perfazendo um total de 48 dispositivos ortodônticos em cada meio. Dadas as condições da estufa, procedeu-se à divisão dos 48 dispositivos em três conjuntos, analisando 16 alinhadores de cada vez. Estes foram introduzidos num recipiente de vidro, que tinha 400ml de solução à temperatura ambiente, tendo sido submersos no meio por intermédio de duas placas de vidro (Figuras 1 e 2). Posteriormente, estes foram armazenados numa estufa (Memmert INE 400, Schwabach, Alemanha) a 37°C, com o intuito de mimetizar a temperatura da cavidade oral (Figura 3).



Figura 1- Recipientes de vidro onde as soluções e os alinhadores foram colocados.



Figura 2- Recipiente de vidro com duas placas deste material, alinhadores e água destilada.



Figura 3- Vista externa (A) e vista interna (B) da estufa de incubação onde as amostras foram guardadas.

As soluções foram trocadas diariamente para que não houvesse alterações das suas propriedades e para impossibilitar a colonização de bactérias. Aquando desta troca, os alinhadores foram passados por água destilada para evitar a acumulação de resíduos dos meios na superfície dos mesmos. Com o mesmo intuito, antes de cada medição nos tempos T1 e T2, os alinhadores foram limpos com recurso à água destilada e, em seguida, secos com papel absorvente.

#### **6.2.1. Análise da estabilidade da cor com recurso ao espectrofotómetro**

A estabilidade da cor dos alinhadores foi analisada com recurso ao espectrofotómetro SpectroShade™ Micro (MHT, Verona, Itália), nos tempos experimentais definidos (Figura 4).



Figura 4- Vista frontal (A) e vista lateral (B) do espectrofotômetro SpectroShade™ Micro.

#### **6.2.1.1. Calibração do espectrofotômetro**

O espectrofotômetro SpectroShade™ Micro, previamente à sua utilização, foi calibrado de forma a aumentar a precisão de cada medição. Este processo corresponde ao posicionamento do dispositivo no azulejo de cor branca e, em seguida, no azulejo de cor verde (Figura 5).

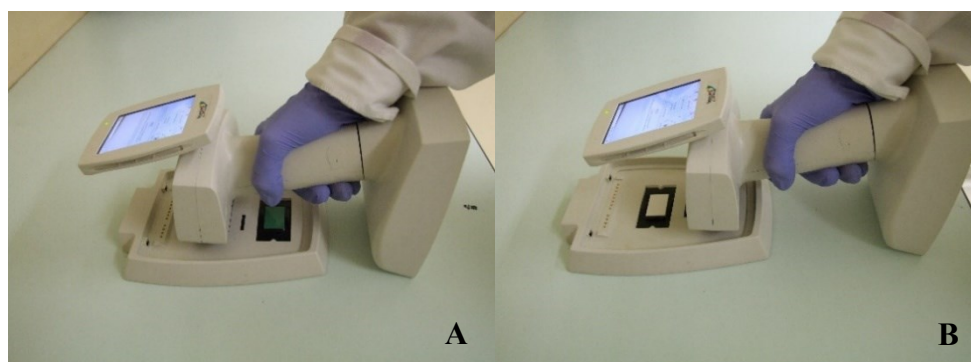


Figura 5- Calibração do espectrofotômetro SpectroShade™ Micro com recurso ao azulejo de cor branca (A) e ao azulejo de cor verde (B).

#### **6.2.1.2. Determinação da cor da amostra**

Para cada Invisalign® foram efetuadas três medições da superfície vestibular do dente 21, caso fosse um alinhador superior, ou do dente 41, se fosse um aparelho inferior. Devido à transparência deste tipo de dispositivos ortodônticos foram confeccionados modelos destes dentes, referentes a cada paciente, recorrendo à resina composta Filtek™ Z250 Universal Restorative (3M ESPE, St. Paul, MN, USA) na cor A3.

Aquando da medição da cor, os alinhadores foram colocados numa base estabilizadora de silicone de adição e dentro de uma campânula preta, para que as condições externas, como a luz e a inclinação, fossem semelhantes em todas as medições (Figura 6).



Figura 6- Campânula, alinhador superior, com modelo do dente 21 em resina composta, e base estabilizadora de silicone de adição.

Ao realizar as medições, surge no ecrã do dispositivo um retângulo amarelo e, simultaneamente, no centro do mesmo uma cruz amarela. O dente a ser medido deve estar no centro deste retângulo, que permanece fixo no momento da medição. Exibe-se ainda uma linha horizontal, cuja cor varia de acordo com a inclinação do dispositivo em relação ao dente a ser analisado. Quando o ângulo está adequado a linha surge com a cor verde e quando, pelo contrário, está no limite ou incorreto a linha surge com a cor laranja ou vermelha, respetivamente (Figura 7).

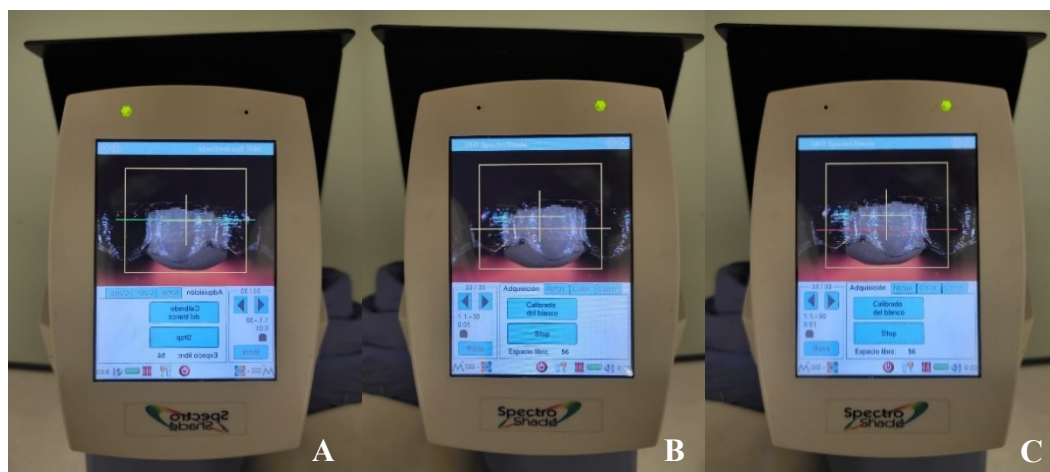


Figura 7- Linha horizontal verde (A), laranja (B) e vermelha (C) aquando da medição da cor da amostra.

Os resultados das medições da cor de cada amostra foram fornecidos com base no sistema CIE L\*a\*b\* (Figura 8).



Figura 8- Resultado da medição da cor da amostra.

### 6.2.2. Análise da estabilidade da cor com recurso à fotografia digital

A estabilidade da cor dos alinhadores também foi analisada com recurso às fotografias digitais tiradas com Fujifilm FinePix S9600, nos mesmos três tempos experimentais, ou seja, T0, T1 e T2 (Figura 9).

As fotografias foram tiradas no modo *autofocus* com recurso a um fundo branco, mantendo sempre as mesmas condições de luminosidade e com assistência de um tripé, permitindo que as imagens fossem capturadas sempre à mesma distância.



Figura 9- Máquina fotográfica Fujifilm FinePix S9600 com tripé.

## **7. Análise estatística**

A análise estatística foi efetuada através do *software Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS) versão 26.0 para o Windows®, com recurso a uma metodologia assente num modelo misto. De forma a responder às questões de estudo, foram aplicados o teste ANOVA fatorial e o teste de comparações múltiplas, realizado este último com recurso ao método *Tukey HSD*. Definiu-se um nível de significância de 5% ( $p < 0,05$ ) para aceitar ou rejeitar as hipóteses nulas.



## IV. RESULTADOS

Os resultados da análise da estabilidade da cor após a exposição a soluções potencialmente corantes foram obtidos com recurso ao espectrofotómetro e à fotografia digital nos três tempos experimentais: antes de colocar os dispositivos nas soluções (T0), após 7 dias de contacto (T1) e após 14 dias de exposição (T2).

### 8. Análise da estabilidade da cor com recurso ao espectrofotómetro

O espectrofotómetro SpectroShade™ Micro expõe os resultados das medições, efetuadas às amostras, através de sistemas de coordenadas de cor, nos quais se inclui o sistema CIE  $L^*a^*b^*$ . Neste, o parâmetro  $L^*$  representa o valor do objeto e varia entre 0 e 100, em que 0 indica que o objeto é preto absoluto e 100 manifesta que o mesmo é branco absoluto. A coordenada  $a^*$  abrange valores positivos, que correspondem à cor vermelha, e negativos, que refletem a cor verde. Por fim, valores positivos do parâmetro  $b^*$  representam a cor amarela e valores negativos a cor azul.

Nos seguintes gráficos (gráficos 1, 2 e 3), encontram-se as médias de cada uma destas coordenadas para cada um dos tempos experimentais.

No gráfico 1, referente ao tempo experimental T0, é possível observar que os alinhadores exibem valores de  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  semelhantes para os diferentes grupos.

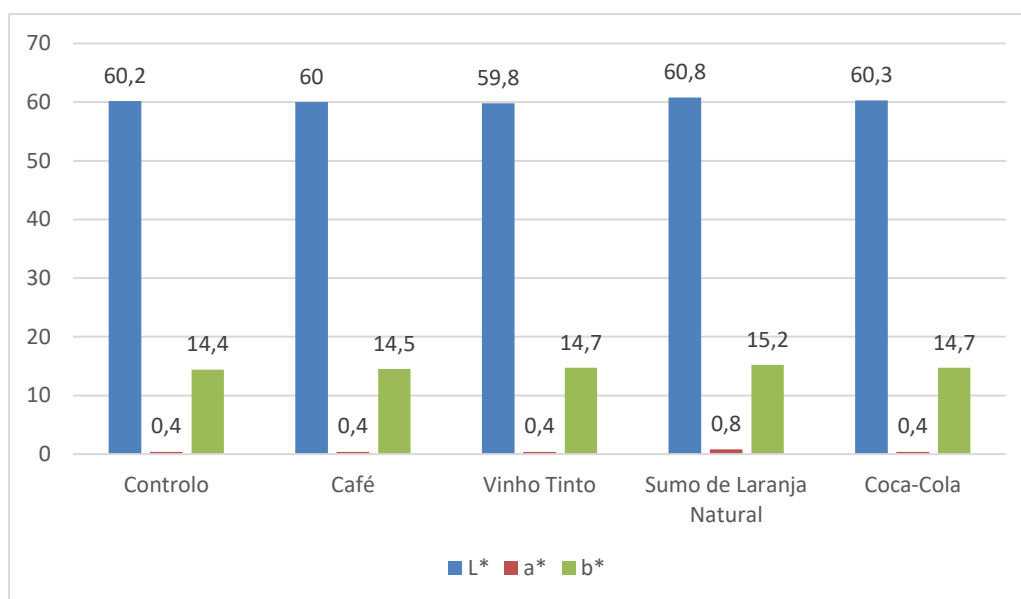


Gráfico 1- Valores médios das coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  dos alinhadores no tempo T0.

O gráfico 2 é referente à análise destas coordenadas após 7 dias de exposição às soluções (T1). Neste, a coordenada L\* apresenta valores diminutos, em comparação com os obtidos em T0, para os grupos café e vinho tinto, o que significa que os alinhadores após o contacto com estes líquidos diminuiram a sua luminosidade, ou seja, ficaram mais escuros. Os dispositivos imersos nas restantes soluções permanecem com valores deste parâmetro semelhantes aos obtidos em T0. Relativamente ao parâmetro a\*, os aparelhos ortodônticos expostos ao café exibem valores aumentados, o que indica que estes adquiriram cor vermelha. Contudo, nos alinhadores em contacto com o sumo de laranja natural, os valores diminuem, o que demonstra que estes adquiriram cor verde. Para os restantes grupos, os valores desta coordenada mantêm-se semelhantes aos obtidos em T0. Por último, verifica-se um aumento da coordenada b\* em todos os grupos, com exceção da água destilada, o que indica que os alinhadores adquiriram cor amarela, sendo este acréscimo mais acentuado nos dispositivos expostos às soluções café, sumo de laranja natural e vinho tinto.

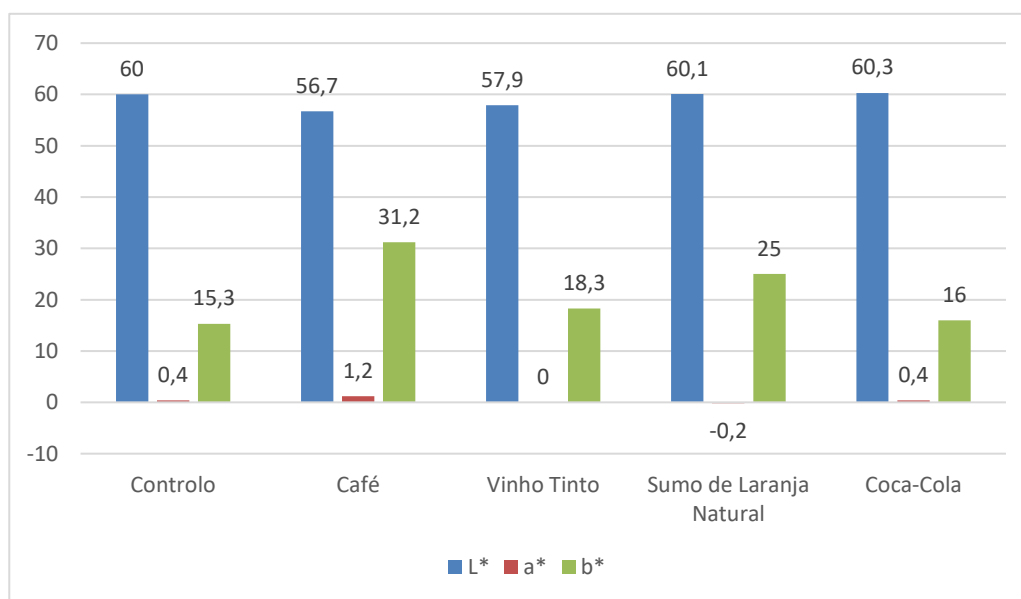


Gráfico 2- Valores médios das coordenadas L\*, a\* e b\* dos alinhadores expostos às soluções no tempo T1.

O gráfico 3 é alusivo à análise das coordenadas após a exposição às soluções durante 14 dias (T2), onde se verifica que o parâmetro L\* demonstra valores reduzidos para o grupo café, em comparação com T1, o que indica que estes alinhadores ficaram ainda mais escuros. No que diz respeito aos aparelhos imersos em vinho tinto, esta coordenada permanece com o mesmo valor obtido em T1 e, para os demais grupos analisados, os resultados são semelhantes aos manifestados nos tempos anteriores. A coordenada a\* no



grupo exposto à solução café exibe valores superiores aos obtidos em T1, o que significa que os alinhadores adquiriram ainda mais a cor vermelha. Pelo contrário, os dispositivos expostos ao sumo de laranja natural apresentam valores inferiores àqueles obtidos após 7 dias de imersão, o que indica que adquiriram em maior grau a cor verde. Relativamente aos restantes grupos analisados, esta coordenada permanece com valores semelhantes aos obtidos para os tempos antecedentes. Por fim, a coordenada  $b^*$  mantém-se estável no grupo de controlo e aumenta, em comparação com T1, nos aparelhos expostos ao café, vinho tinto, sumo de laranja natural e Coca-Cola®, o que indica que os alinhadores adquiriram ainda mais a cor amarela.

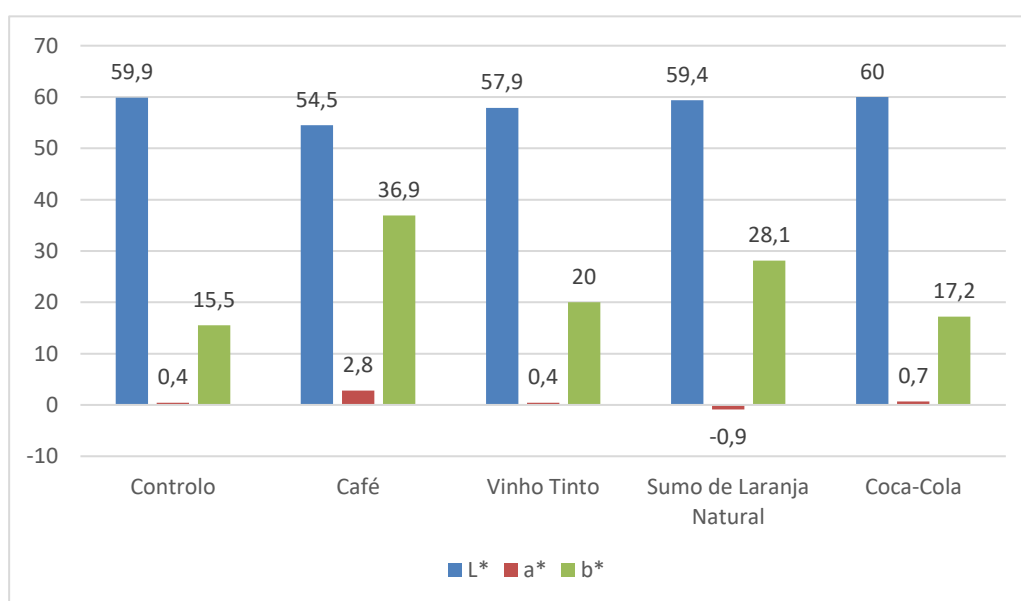


Gráfico 3- Valores médios das coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  dos alinhadores expostos às soluções no tempo T2.

Com o intuito de quantificar a alteração da cor nas amostras entre os tempos analisados utilizou-se o  $\Delta E^*$ , que é obtido com recurso à fórmula  $\Delta E^* = \sqrt{((\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2)}$ , no qual  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$  e  $\Delta b^*$  correspondem à diferença das coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  entre T1 e T0 ou T2 e T0. Assim,  $\Delta E^*$  (T1-T0) representa a alteração da cor após 7 dias de exposição às soluções potencialmente corantes. Já  $\Delta E^*$  (T2-T0) representa a alteração da cor após 14 dias de contacto com as mesmas soluções.

Na tabela 3 estão descritos os valores médios, desvio-padrão, valores mínimo e máximo de  $\Delta E^*$  após 7 e após 14 dias de exposição para as variadas soluções, bem como o teste de comparações múltiplas das médias de alteração da cor, realizado através do

método *Tukey HSD*. Através deste último teste, e considerando o grupo de controlo como a base de referência para a análise dos valores obtidos, é possível constatar que os alinhadores expostos às soluções café, vinho tinto e sumo de laranja natural apresentam diferenças significativas ( $p < 0,001$ ) comparativamente com os deste grupo. Pelo contrário, os dispositivos expostos à Coca-Cola® não apresentam diferenças significativas ( $p = 0,445$ ) com os alinhadores do grupo de controlo.

Tabela 3- Média, desvio-padrão, valor mínimo e máximo de  $\Delta E^*$  após 7 e após 14 dias de exposição em cada solução e resultados do teste de comparações múltiplas, realizado através do método de *Tukey HSD*.

	Solução	Média	p	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo
<b><math>\Delta E^*</math> (T1-T0)</b>	Controlo	1,7	-	1	0,3	4,1
	Café	17,0	<0,001	2,2	11,6	21,1
	Vinho Tinto	4,4	<0,001	1,4	1,6	7,4
	Sumo de Laranja Natural	10,0	<0,001	1,5	7,2	13,8
	Coca-Cola®	1,8	0,445	1,1	0,5	5,3
<b><math>\Delta E^*</math> (T2-T0)</b>	Controlo	1,9	-	1,1	0,1	5,3
	Café	23,2	<0,001	2,4	19,8	28,3
	Vinho Tinto	6,3	<0,001	1,3	3,0	8,9
	Sumo de Laranja Natural	13,2	<0,001	2,1	8,8	18,4
	Coca-Cola®	2,8	0,445	1,2	1,1	5,8

Os valores das médias da alteração da cor de cada grupo em T1-T0 e T2-T0, com intervalo de confiança de 95%, encontram-se representados na figura 10. Com recurso à análise da mesma, constata-se que há um aumento na alteração da cor ao longo da atividade experimental para todos as soluções, comparativamente com o grupo de controlo, tendo este aumento sido maior no café, sumo de laranja natural e vinho tinto.

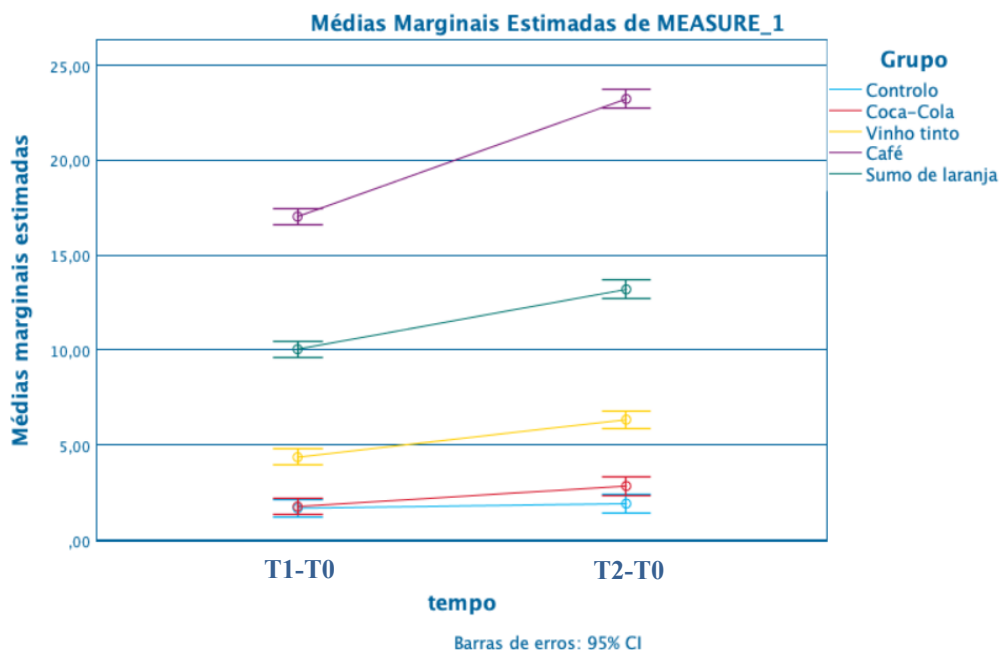


Figura 10- Gráfico representativo do comportamento dos grupos ao longo da atividade experimental.

Os efeitos do tempo e da interação do tempo com o tipo de solução na alteração da cor estão descritos na tabela 4, obtidos com recurso ao teste ANOVA fatorial. Através desta é possível afirmar que o tempo de exposição aos líquidos tem um efeito significativo ( $p < 0,001$ ) na alteração da cor. Ainda é possível constatar que há uma interação significativa ( $p < 0,001$ ) entre o tempo e a solução, ou seja, que a resposta ao longo do tempo dos diferentes meios é significativamente distinta. Com recurso à análise do eta parcial quadrado, que corresponde à magnitude de cada fator, é possível concluir que ambos os fatores considerados (tempo e interação tempo\*solução) apresentam elevada influência na variação da cor (0,803 e 0,732).

Tabela 4- Resultados do teste ANOVA fatorial.

Efeito	p	Eta parcial quadrado
<b>Tempo</b>	<0,001	0,803
<b>Tempo* Solução</b>	<0,001	0,732

## **9. Análise da estabilidade da cor com recurso à fotografia digital**

As fotografias digitais dos alinhadores expostos às distintas soluções potencialmente corantes e ao grupo de controlo nos diferentes tempos experimentais avaliados encontram-se na figura 11.

Ao analisar a figura acima referida, é observável que não há alteração da cor dos dispositivos do grupo de controlo após 7 e 14 dias de exposição. No que diz respeito aos aparelhos ortodônticos imersos na solução Coca-Cola®, é possível constatar que também há manutenção da cor, ao longo da atividade experimental, não havendo, assim, alterações perceptíveis destes dispositivos face ao grupo de controlo nos dois tempos analisados. Em oposição, os alinhadores expostos à solução café exibem alteração da cor em T1, manifestando uma cor laranja que se intensifica em T2. Esta variação é notória, em ambos os tempos experimentais, quando comparada com o grupo de controlo. É também observável que, após 7 e 14 dias de contacto com a solução vinho tinto, há alteração da cor dos alinhadores para uma tonalidade bege escuro, que se agrava ao longo do tempo experimental. Verifica-se também que esta alteração da cor é observável quando contrastada com o grupo de controlo. Por fim, os dispositivos expostos ao sumo de laranja natural apresentam alteração da cor em T1, que se intensifica em T2 e corresponde à cor amarela. Esta alteração da cor é perceptível quando comparada com os alinhadores do grupo de controlo.

No decorrer da análise da figura 11, também é possível observar que a variação da cor dos dispositivos ortodônticos se intensifica ao longo do período experimental analisado, bem como que a alteração da cor dos alinhadores Invisalign® após a exposição às soluções é distinta entre as mesmas.

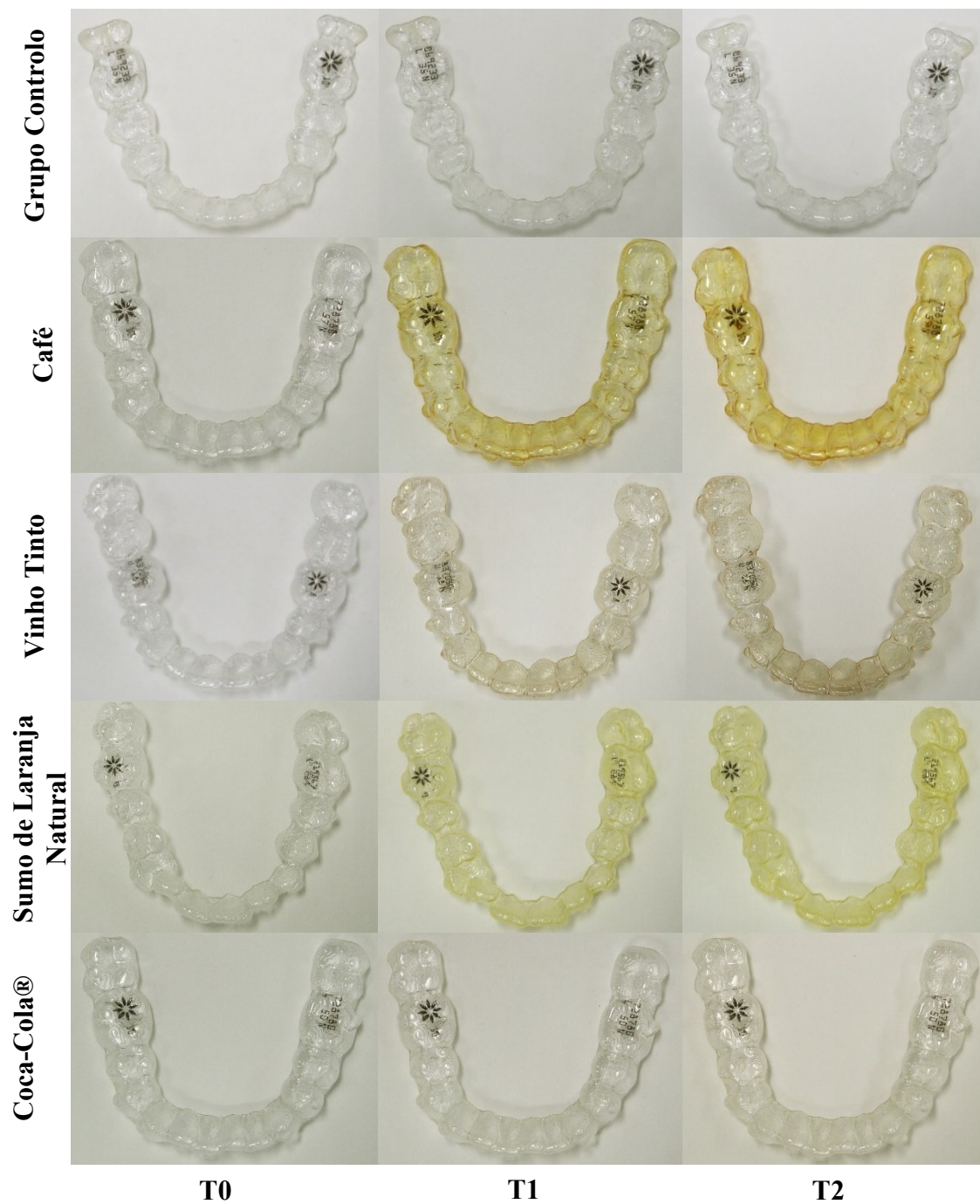


Figura 11- Fotografias dos alinhadores expostos aos diferentes líquidos nos três tempos experimentais.



## V. DISCUSSÃO

O tratamento ortodôntico é um método eficaz para alcançar uma oclusão correta e, simultaneamente, melhorar a autoestima do paciente (Srivastava et al., 2017). No entanto, muitos evitam este tratamento, uma vez que consideram o aparelho ortodôntico convencional pouco atrativo (Srivastava et al., 2017). Assim, devido ao aumento da necessidade estética por parte dos doentes durante este procedimento, promoveu-se o desenvolvimento de dispositivos alternativos, entre os quais se incluem os alinhadores (Acar et al., 2014; Kumar et al., 2018).

O sistema Invisalign® é um dispositivo ortodôntico confortável e praticamente impercetível, tornando-se por isso esteticamente mais atrativo ao recorrer a uma série de alinhadores transparentes, removíveis e confeccionados especificamente para cada indivíduo (Srivastava et al., 2017). Estes são compostos por placas termoplásticas (Bräscher et al., 2016), que cobrem a superfície vestibular, lingual ou palatina e oclusal dos dentes (Joffe, 2003). A eficácia destes aparelhos está altamente dependente da motivação e da cooperação dos pacientes (Kumar et al., 2018). Embora sejam aconselhados a remover os dispositivos durante os períodos de ingestão de líquidos (Srivastava et al., 2017), muitos doentes desconsideram as indicações do fabricante e não retiram os aparelhos durante estes momentos (Memè et al., 2021). Como tal, estas soluções ao serem consumidas podem alterar a aparência dos alinhadores, tornando-os menos estéticos, o que anularia um dos benefícios deste sistema (Liu et al., 2016).

A estabilidade da cor dos dispositivos é uma propriedade física relevante nos materiais em medicina dentária, que corresponde à capacidade dos mesmos manterem a cor durante um período de tempo num ambiente específico (Mutlu-Sagesen et al., 2001).

Este estudo teve como objetivo analisar a estabilidade da cor destes dispositivos, perante o contacto com soluções que são consumidas regularmente na dieta da população portuguesa, para que, através da evidência científica, o médico dentista possa indicar ao paciente os procedimentos corretos para uma adequada manutenção destes aparelhos durante o período de utilização. A presente investigação pretendeu, ainda, orientar o fabricante relativamente ao comportamento dos alinhadores, nos momentos em que estes estão em contacto com estas bebidas.

Para analisar a estabilidade da cor dos alinhadores da marca Invisalign® recorreu-se a um estudo *in vitro*, tal como Bernard et al. (2020), Liu et al. (2016), Memè et al. (2021) e Neves (2020). Esta metodologia de investigação garante a padronização das condições em que a atividade experimental decorre, em oposição ao estudo *in vivo* que não permite o controlo do ambiente da cavidade oral, dificultando a validação dos resultados obtidos (Buchmann et al., 2012). Todavia, o comportamento dos materiais num estudo laboratorial pode não refletir o desempenho em meio oral (Buchmann et al., 2012), sendo necessário interpretar os resultados com prudência.

Foram seleccionados 240 alinhadores da marca Invisalign®, com o intuito de aumentar a veracidade e a qualidade dos resultados obtidos. Os estudos precedentes apresentam grande disparidade no número de amostras utilizadas, o que impossibilitou utilizar estas investigações como referência para a determinação da amostragem (Bernard et al., 2020; Liu et al., 2016; Memè et al., 2021; Neves, 2020).

A presente tese recorreu a quatro soluções potencialmente corantes: café (7 gramas de café solúvel de acordo com as indicações do fabricante), vinho tinto, Coca-Cola® e sumo de laranja natural. A possível alteração cromática, como resultado da exposição aos três primeiros líquidos, foi anteriormente estudada nas investigações de Bernard et al. (2020) - café, vinho tinto e Coca-Cola®, entre outros - de Liu et al. (2016) - café e vinho tinto, entre outros - e de Memè et al. (2021) - café e Coca-Cola®, entre outros -. Já o efeito do sumo de laranja natural na estabilidade da cor dos alinhadores, até à presente data, nunca tinha sido descrito. Desta forma, a opção por estas bebidas prendeu-se com o facto de as mesmas serem amplamente consumidas pela população portuguesa, segundo Lopes et al. (2017), pelo que se tornou imperativo analisar o seu efeito na variação da cor dos alinhadores Invisalign®. Relativamente ao meio de controlo, tal como na investigação de Liu et al. (2016), foi utilizado água destilada como soluto.

Os alinhadores foram distribuídos pelas cinco soluções e colocados em recipientes de vidro, com duas placas deste mesmo material tal como no estudo de Bernard et al. (2020), que tinham como intuito submergir os dispositivos nos meios. Foram posteriormente armazenados numa estufa a 37°C com a intenção de simular o ambiente da cavidade oral (Memè et al., 2021). Os líquidos foram trocados diariamente (Bernard et al., 2020; Liu et al., 2016) para que não houvesse modificações nas suas propriedades, assim como para impossibilitar a colonização de bactérias. Aquando desta troca, os alinhadores foram



lavados com água destilada (Bernard et al., 2020) para evitar a acumulação de resíduos nos mesmos. Tendo em consideração este mesmo objetivo, tal como no estudo de Bernard et al. (2020), previamente à determinação da cor, os dispositivos também foram limpos com recurso à água destilada.

A análise da estabilidade da cor dos alinhadores do sistema Invisalign® foi determinada através do espectrofotómetro, à semelhança da investigação de Liu et al. (2016) e Neves (2020). Optou-se pelo SpectroShade™ Micro, uma vez que este apresenta uma elevada taxa de fiabilidade e de precisão (Kim-Pusateri et al., 2009). Esta última característica está dependente da calibração do aparelho (Johnston, 2009) e, como tal, previamente a cada medição, respeitando as orientações do fabricante, efetuou-se este procedimento com recurso a um azulejo branco e verde (Chu, 2003). Com o intuito de assegurar que os alinhadores estivessem sempre na mesma posição, aquando da análise, recorreu-se a um suporte de silicone de adição, que permitiu padronizar as medições (Koksal & Dikbas, 2008). Devido à transparência destes dispositivos e para que fosse possível determinar a cor dos mesmos, foi necessário confeccionar moldes, em resina composta na cor A3, dos dentes 21 ou 41, caso fosse um alinhador superior ou inferior, respetivamente (Liu et al., 2016). A determinação da cor de cada aparelho, em cada tempo experimental, resultou do valor médio de três medições (Koksal & Dikbas, 2008), de forma a diminuir a margem de erro e assegurar a precisão do valor obtido. Os resultados das medições foram expressos através do sistema de coordenadas de cor, CIE L\*a\*b\*, selecionado em oposição a outros disponibilizados pelo espectrofotómetro devido à elevada frequência de utilização em estudos de análise da cor (Kim-Pusateri et al., 2009), incluindo as investigações que abordam a estabilidade da cor dos alinhadores da marca Invisalign® (Bernard et al., 2020; Liu et al., 2016; Memè et al., 2021; Neves, 2020).

A análise da estabilidade da cor também foi efetuada com recurso às fotografias digitais, uma vez que são um método eficiente para aquisição de uma imagem e determinação da cor do objeto (Hong et al., 2001). Segundo Jarad et al. (2005), este método apresenta uma elevada correlação com o espectrofotómetro. Como tal, a sua aplicação já tinha sido registada em estudos precedentes (Bernard et al., 2020; Liu et al., 2016; Memè et al., 2021; Neves, 2020).

A análise efetuada através destes dois instrumentos decorreu em três tempos experimentais: antes da colocação dos alinhadores nos líquidos (T0), após 7 dias de

contacto (T1) e ao fim de 14 dias de exposição (T2), um procedimento semelhante ao estudo de Neves (2020). O fundamento para a definição destes tempos experimentais resultou do período estabelecido para a utilização dos alinhadores, que se compreende entre 7 a 14 dias (Houle et al., 2017), o que implicou a investigação da manutenção da cor dos mesmos durante este intervalo. A análise dos alinhadores Invisalign® após 14 dias de exposição com as soluções utilizadas no estudo em causa nunca tinha sido anteriormente efetuada e, distintamente do que acontece nos estudos pregressos, não foi realizada a investigação após 12 horas (Bernard et al., 2020; Liu et al., 2016), nem após 24 ou 48 horas de imersão em soluções (Memè et al., 2021).

Este estudo procurou cumprir o propósito de avaliar se se manifestava alteração da cor dos alinhadores, quando expostos às soluções estipuladas, e definir se a intensidade da alteração da cor destes dispositivos era influenciada pelo tempo de imersão. Procurou, ainda, verificar se a modificação provocada pelos meios tinha sido idêntica.

Deste modo, no que diz respeito à primeira questão de estudo, os resultados obtidos permitem aceitar a hipótese alternativa para as soluções café, vinho tinto e sumo de laranja natural, uma vez que se verificou uma alteração estatisticamente significativa ( $p < 0,001$ ) da cor dos alinhadores quando em contacto com as mesmas. Contudo, a exposição à solução Coca-Cola® não provocou uma alteração estatisticamente significativa ( $p = 0,445$ ) da cor dos dispositivos ortodônticos, conduzindo à aceitação da hipótese nula.

A exposição às bebidas café, sumo de laranja natural e vinho tinto provocou uma alteração na cor dos dispositivos, durante o período experimental, que é clinicamente considerada como não aceitável. O limite de aceitabilidade corresponde ao valor a partir do qual a alteração da cor é inaceitável nos materiais estéticos em medicina dentária (Khashayar et al., 2014). Este limite diverge entre um conjunto de valores de  $\Delta E^*$  (Khashayar et al., 2014), tendo o presente estudo utilizado o valor 3,3 como referência (Ruyter et al., 1987), à semelhança do que sucedeu no estudo de Bernard et al. (2020).

Correlacionando a análise das fotografias digitais, que corroboram os resultados descritos, com os dados obtidos através do espectrofotómetro, verificou-se uma estabilidade da cor dos alinhadores expostos à solução Coca-Cola®, devido à manutenção das coordenadas  $L^*$  e  $a^*$  e ao aumento ligeiro, ao longo do período analisado, do parâmetro  $b^*$ , que não foi considerável para provocar uma alteração relevante da cor dos

dispositivos. Em relação aos alinhadores expostos à solução café, a alteração perceptível para a cor laranja foi concordante com a diminuição da coordenada  $L^*$  e com o aumento das coordenadas  $a^*$  e  $b^*$  durante os períodos analisados. Deste modo, os alinhadores ficaram mais escuros e adquiriram as cores vermelha e amarela, cuja fusão deu origem à cor laranja. Relativamente aos alinhadores em contacto com o líquido vinho tinto, a alteração observável para a tonalidade bege escuro coincidiu com a diminuição do parâmetro  $L^*$  e posterior estabilização, com a preservação da coordenada  $a^*$  e com o aumento da coordenada  $b^*$  no decorrer do estudo. Assim, os dispositivos ficaram mais escuros e adquiriram alguma cor amarela. Por fim, no que concerne à solução sumo de laranja natural, houve uma manutenção da coordenada  $L^*$ , uma diminuição da coordenada  $a^*$  para valores negativos e um aumento do parâmetro  $b^*$  no decurso do período analisado. Desta forma, os alinhadores adquiriram a cor verde e amarela, havendo uma predominância da última, dado que a diminuição da coordenada  $a^*$  foi mínima.

Os resultados alcançados estão de acordo com as conclusões obtidas nos estudos precedentes, embora os mesmos tenham analisado o efeito destas soluções em tempos experimentais diferentes, relativamente aos utilizados no presente estudo (Bernard et al., 2020; Liu et al., 2016; Memè et al., 2021). Assim, o efeito negativo das soluções café é constatado no estudo de Memè et al. (2021) e nas investigações de Bernard et al. (2020) e Liu et al. (2016) são comprovados os efeitos negativos quer do líquido café quer do vinho tinto. Na presente investigação, a solução que provocou uma alteração da cor mais proeminente foi o café, tal como verificado nos estudos de Bernard et al. (2020), Liu et al. (2016) e Memè et al. (2021). Em contrapartida, a solução Coca-Cola® não alterou a estabilidade da cor dos alinhadores Invisalign®, à semelhança do que aconteceu com as experiências de Bernard et al. (2020) e Memè et al. (2021).

A variação da estabilidade da cor dos alinhadores Invisalign® pode advir das soluções utilizadas, uma vez que estas são bebidas cromáticas, nas quais os pigmentos presentes podem ser adsorvidos (Liu et al., 2016).

A composição dos alinhadores Invisalign® pode contribuir para a alteração da cor observada neste estudo (Bernard et al., 2020). Estes dispositivos ortodônticos são confeccionados através de um polímero, que é designado por SmartTrack® e corresponde à combinação de um poliuretano termoplástico com outros componentes que não são divulgados pelo fabricante (Condo' et al., 2018). O poliuretano termoplástico é um

material muito versátil, utilizado em várias áreas da medicina dentária, que apresenta propriedades físicas adequadas, resistência química, resistência à abrasão e facilidade na confecção (Zhang et al., 2011). Segundo Ryokawa et al. (2006), este material demonstra elevadas taxas de absorção de água. Esta corresponde à adesão destas moléculas à superfície da amostra e à posterior absorção das mesmas (Ryokawa et al., 2006). Este fator pode promover a adsorção dos pigmentos presentes nas soluções, influenciando a alteração da cor (Liu et al., 2016).

A suscetibilidade para a alteração da cor dos alinhadores também pode ser consequência da porosidade da superfície do material SmartTrack® (Bernard et al., 2020). A investigação de Liu et al. (2016) verificou que este material apresenta tendência para ser poroso, o que pode facilitar a adsorção de substâncias (Fernandes et al., 2014).

Em relação à segunda questão de estudo em curso, é admissível aceitar a hipótese alternativa, uma vez que o tempo demonstrou um efeito significativo ( $p < 0,001$ ) na alteração da cor.

A interação entre o tempo de imersão e a intensidade da alteração da cor foi suportada pela análise descritiva dos valores obtidos pelo espectrofotómetro, tendo em consideração que houve um aumento da variação das coordenadas ao longo do período analisado, bem como através da apreciação das fotografias digitais, onde foi notável a intensificação da alteração da cor. Estes resultados são corroborados pela literatura de acordo com Liu et al. (2016). Deste modo, é possível concluir que o contacto prolongado com as soluções influencia o grau de alteração da cor dos dispositivos.

Por fim, no que diz respeito à última questão de estudo, os resultados obtidos conduzem à aceitação da hipótese alternativa, dado que a alteração da cor dos alinhadores entre os meios analisados foi significativamente diferente ( $p < 0,001$ ).

A análise decorrente das fotografias digitais, assim como a dos valores das coordenadas do sistema CIE  $L^*a^*b^*$ , providenciados pelo espectrofotómetro, encontram-se suportadas pela literatura segundo Liu et al. (2016), uma vez que comprovaram que a variação da cor se manifestou de forma distinta conforme os meios analisados. A alteração da cor pode ser consequência dos pigmentos presentes nas soluções ou das propriedades do material (Liu et al., 2016), cuja interação pode consequentemente provocar uma alteração da cor distinta dependendo do meio utilizado.

O presente estudo, à semelhança das investigações que também analisaram esta temática, apresenta um conjunto de limitações. Neste sentido, como é uma investigação *in vitro*, não foi possível replicar todas as condições da cavidade oral, o que significa que não foi analisada a interação dos dispositivos com as bactérias orais, com a saliva ou com outros líquidos potencialmente corantes nem o efeito destes fatores na estabilidade da cor dos aparelhos. Para além disto, por ser um estudo *in vitro*, também não foram tidos em conta os hábitos parafuncionais, como o bruxismo, os quais podem criar microfraturas que podem influenciar a estabilidade da cor dos dispositivos. Outra limitação resulta do facto de o estudo em causa ter sido realizado através de imersão contínua dos alinhadores nas soluções, o que poderá ter sobrestimado os valores obtidos, dado que esta não corresponde ao tempo real de consumo das mesmas. Em adição, a temperatura a que as soluções foram armazenadas (37°C) pode ser distinta daquela a que os líquidos são normalmente consumidos. Por fim, poderia ter sido utilizada saliva artificial para grupo de controlo, com o intuito de se aproximar mais às condições fisiológicas.



## VI. PERSPETIVAS FUTURAS

Tendo em conta a elevada procura dos alinhadores por parte da população, de forma a obterem uma oclusão estável, através de um procedimento praticamente impercetível, será pertinente que os estudos futuros:

- Analisem o efeito das soluções potencialmente corantes em investigações *in vivo*, dado que as mesmas permitem verificar o impacto das condições da cavidade oral na manutenção da cor dos alinhadores, e comparem os resultados obtidos com os estudos *in vitro*, com o intuito de averiguar se estes se aproximam das condições fisiológicas;

- Investiguem o grau de pigmentação das soluções a temperaturas semelhantes às ingeridas pela população;

- Avaliem se a saliva artificial altera o efeito cromático das soluções quando adicionada às mesmas;

- Testem outras marcas de alinhadores emergentes no mercado, de modo a comparar a estabilidade cromática das mesmas.





## VII. CONCLUSÃO

Considerando os resultados obtidos, é possível inferir que:

- As bebidas café, vinho tinto e sumo de laranja natural provocaram uma alteração estatisticamente significativa da cor dos alinhadores do sistema Invisalign®, sendo que o café foi a solução que mais provocou alteração da cor dos alinhadores, seguindo-se o sumo de laranja e, por fim, o vinho tinto;
- O contacto com a solução Coca-Cola® não promoveu uma alteração estatisticamente significativa da cor dos dispositivos ortodônticos;
- O tempo de imersão teve um efeito significativo na alteração da cor dos alinhadores, tendo sido verificado um aumento da mesma ao longo do período experimental;
- A alteração da cor dos alinhadores da marca Invisalign® foi significativamente diferente entre os meios utilizados.

Neste sentido, para que haja uma correta manutenção dos alinhadores Invisalign® durante o período de utilização, os pacientes devem ser informados pelo médico dentista que o consumo de café, vinho tinto e sumo de laranja natural, quando os dispositivos estão na cavidade oral, deve ser evitado, uma vez que os mesmos provocam alteração da cor dos aparelhos.



## VIII. BIBLIOGRAFIA

- Abbate, G. M., Caria, M. P., Montanari, P., Mannu, C., Orrù, G., Caprioglio, A., & Levrini, L. (2015). Periodontal health in teenagers treated with removable aligners and fixed orthodontic appliances. *Journal of Orofacial Orthopedics*, 76(3), 240–250. <https://doi.org/10.1007/s00056-015-0285-5>
- Acar, Y. B., Kovan, A., Ateş, M., & Biren, S. (2014). How Efficient Are Clear Aligners? Clear Aligners vs Traditional Orthodontic Treatment: A Systematic Review. *Turkish Journal of Orthodontics*, 27(3), 106–110. <https://doi.org/10.13076/TJO-D-14-00016>
- Alhammad, M. S., Halboub, E., Fayed, M. S., Labib, A., & El-Saaidi, C. (2018). Global distribution of malocclusion traits: A systematic review. *Dental Press Journal of Orthodontics*, 23(6), 40.e1-40.e10. <https://doi.org/10.1590/2177-6709.23.6.40.e1-10.onl>
- Align Technology. (2021). *Q1 2021 Corporate fact sheet*. Align Technology.
- Anbuselvan, G., Senthil, K., Tamilzharasi, S., & Karthi, M. (2012). Essix Appliance Revisited. *National Journal of Integrated Research in Medicine*, 3(1), 125–138. [http://njirm.pbworks.com/w/file/50296332/28ok.essix\\_application.125-138pdf.pdf](http://njirm.pbworks.com/w/file/50296332/28ok.essix_application.125-138pdf.pdf)
- Bahannan, S. A. (2014). Shade matching quality among dental students using visual and instrumental methods. *Journal of Dentistry*, 42(1), 48–52. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2013.11.001>
- Balachandran, S., Ganapathy, D., & Ramanathan, V. (2019). Clear aligners – A review. *Drug Invention Today*, 12(10), 2280–2284. <https://jpr solutions.info/files/final-file-5dac7381b9a9a1.85812639.pdf>
- Barone, S., Paoli, A., Rationale, A. V., & Savignano, R. (2017). Computational design and engineering of polymeric orthodontic aligners. *International Journal for Numerical Methods in Biomedical Engineering*, 33(8), 1–15. <https://doi.org/10.1002/cnm.2839>
- Beldiman, M.-A., Vasilache, C., Zegan, G., Van Dam, G. T., & Macovei, G. (2020). Diagnostic elements and technological aspects in elaboration of clear aligners- A systematic review. *Romanian Journal of Medical and Dental Education*, 9(4), 78–84. <https://journal.adre.ro/wp-content/uploads/2020/09/DIAGNOSTIC->

ELEMENTS-AND-TECHNOLOGICAL.pdf

- Bernard, G., Rompré, P., Tavares, J. R., & Montpetit, A. (2020). Colorimetric and spectrophotometric measurements of orthodontic thermoplastic aligners exposed to various staining sources and cleaning methods. *Head & Face Medicine*, 16(1). <https://doi.org/10.1186/s13005-020-00218-2>
- Bräscher, A.-K., Zuran, D., Feldmann, R. E., & Benrath, J. (2016). Patient survey on Invisalign® treatment comparen the SmartTrack® material to the previous aligner material. *Journal of Orofacial Orthopedics*, 77(6), 432–438. <https://doi.org/10.1007/s00056-016-0051-3>
- Brook, A. H., Smith, R. N., & Lath, D. J. (2007). The clinical measurement of tooth colour and stain. *International Dental Journal*, 57(5), 324–330. <https://doi.org/10.1111/j.1875-595X.2007.tb00141.x>
- Buchmann, N., Senn, C., Ball, J., & Brauchli, L. (2012). Influence of initial strain on the force decay of currently available elastic chains over time. *The Angle Orthodontist*, 82(3), 529–535. <https://doi.org/10.2319/062011-399.1>
- Buschang, P. H., Shaw, S. G., Ross, M., Crosby, D., & Campbell, P. M. (2014). Comparative time efficiency of aligner therapy and conventional edgewise braces. *The Angle Orthodontist*, 84(3), 391–396. <https://doi.org/10.2319/062113-466>
- Cardoso, P. C., Espinosa, D. G., Mecnas, P., Flores-Mir, C., & Normando, D. (2020). Pain level between clear aligners and fixed appliances: a systematic review. *Progress in Orthodontics*, 21(1). <https://doi.org/10.1186/s40510-019-0303-z>
- Chu, S. J. (2003). Use of a Reflectance Spectrophotometer in Evaluating Shade Change Resulting from Tooth-Whitening Products. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 15(Suppl. 1), S42–S48. <https://doi.org/10.1111/j.1708-8240.2003.tb00317.x>
- Chu, S. J., Trushkowsky, R. D., & Paravina, R. D. (2010). Dental color matching instruments and systems. Review of clinical and research aspects. *Journal of Dentistry*, 38(Suppl. 2), e2–e16. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2010.07.001>
- Condo', R., Pazzini, L., Cerroni, L., Pasquantonio, G., Lagana', G., Pecora, A., Mussi, V., Rinaldi, A., Mecheri, B., Licoccia, S., & Maiolo, L. (2018). Mechanical properties of “two generations” of teeth aligners: Change analysis during oral permanence. *Dental Materials Journal*, 37(5), 835–842.

- <https://doi.org/10.4012/dmj.2017-323>
- Cynthia, K., Pierre, K., Tatiana, Z., & Carina, M. (2015). Extrinsic tooth discoloration, an updated review. *Dental Tribune Middle East & Africa Edition*, 3(2), 6B-8B. <https://la.dental-tribune.com/epaper/hygiene-tribune-middle-east-africa/hygiene-tribune-middle-east-africa-no-2-2015-0215.pdf>
- Daniele, V., Macera, L., Taglieri, G., Di Giambattista, A., Spagnoli, G., Massaria, A., Messori, M., Quagliarini, E., Chiappini, G., Campanella, V., Mummolo, S., Marchetti, E., Marzo, G., & Quinzi, V. (2020). Thermoplastic Disks Used for Commercial Orthodontic Aligners: Complete Physicochemical and Mechanical Characterization. *Materials*, 13(10). <https://doi.org/10.3390/ma13102386>
- Elhaddaoui, R., Qoraich, H. S., Bahije, L., & Zaoui, F. (2017). Orthodontic aligners and root resorption: A systematic review. *International Orthodontics*, 15(1), 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.ortho.2016.12.019>
- Fernandes, A. B. N., Ruellas, A. C. O., Araújo, M. V. A., Sant'Anna, E. F., & Elias, C. N. (2014). Assessment of exogenous pigmentation in colourless elastic ligatures. *Journal of Orthodontics*, 41(2), 147–151. <https://doi.org/10.1179/1465313313Y.00000000083>
- Galan-Lopez, L., Barcia-Gonzalez, J., & Plasencia, E. (2019). A systematic review of the accuracy and efficiency of dental movements with Invisalign®. *The Korean Journal of Orthodontics*, 49(3), 140–149. <https://doi.org/10.4041/kjod.2019.49.3.140>
- Gu, J., Tang, J. S., Skulski, B., Fields, H. W., Beck, F. M., Firestone, A. R., Kim, D.-G., & Deguchi, T. (2017). Evaluation of Invisalign treatment effectiveness and efficiency compared with conventional fixed appliances using the Peer Assessment Rating index. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 151(2), 259–266. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2016.06.041>
- Guo, L., Feng, Y., Guo, H.-G., Liu, B.-W., & Zhang, Y. (2016). Consequences of orthodontic treatment in malocclusion patients: clinical and microbial effects in adults and children. *BMC Oral Health*, 16(1). <https://doi.org/10.1186/s12903-016-0308-7>
- Haddad, H. J., Jakstat, H. A., Arnetzl, G., Borbely, J., Vichi, A., Dumfahrt, H., Renault, P., Corcodel, N., Pohlen, B., Marada, G., de Parga, J. A. M. V., Reshad, M., Klinker, T. U., Hannak, W. B., & Paravina, R. D. (2009). Does gender and experience

- influence shade matching quality? *Journal of Dentistry*, 37(Suppl. 1), e40–e44. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2009.05.012>
- Hong, G., Luo, M. R., & Rhodes, P. A. (2001). A study of digital camera colorimetric characterization based on polynomial modeling. *Color Research & Application*, 26(1), 76–84. [https://doi.org/10.1002/1520-6378\(200102\)26:1<76::AID-COL8>3.0.CO;2-3](https://doi.org/10.1002/1520-6378(200102)26:1<76::AID-COL8>3.0.CO;2-3)
- Houle, J.-P., Piedade, L., Todescan, R., & Pinheiro, F. H. S. L. (2017). The predictability of transverse changes with Invisalign. *The Angle Orthodontist*, 87(1), 19–24. <https://doi.org/10.2319/122115-875.1>
- Igiel, C., Weyhrauch, M., Wentaschek, S., Scheller, H., & Lehmann, K. M. (2016). Dental color matching: A comparison between visual and instrumental methods. *Dental Materials Journal*, 35(1), 63–69. <https://doi.org/10.4012/dmj.2015-006>
- Jarad, F. D., Russell, M. D., & Moss, B. W. (2005). The use of digital imaging for colour matching and communication in restorative dentistry. *British Dental Journal*, 199(1), 43–49. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.4812559>
- Jivanescu, A., Marcautuanu, C., Pop, D., Goguta, L., & Bratu, D. (2010). Conventional versus spectrophotometric shade taking for the upper central incisor: A clinical comparative study. *Timisoara Medical Journal*, 60(4), 274–279. [https://www.researchgate.net/profile/Anca-Jivanescu/publication/228839137\\_Conventional\\_Versus\\_Spectrophotometric\\_Shade\\_Taking\\_for\\_the\\_Upper\\_Central\\_Incisor\\_A\\_Clinical\\_Comparative\\_Study/links/0fcfd50d4351fc4137000000/Conventional-Versus-Spectrophotometric-](https://www.researchgate.net/profile/Anca-Jivanescu/publication/228839137_Conventional_Versus_Spectrophotometric_Shade_Taking_for_the_Upper_Central_Incisor_A_Clinical_Comparative_Study/links/0fcfd50d4351fc4137000000/Conventional-Versus-Spectrophotometric-)
- Joffe, L. (2003). Invisalign ® : early experiences. *Journal of Orthodontics*, 30(4), 348–352. <https://doi.org/10.1093/ortho/30.4.348>
- Johnston, W. M. (2009). Color measurement in dentistry. *Journal of Dentistry*, 37(Suppl. 1), e2–e6. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2009.03.011>
- Joiner, A. (2004). Tooth colour: a review of the literature. *Journal of Dentistry*, 32, 3–12. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2003.10.013>
- Joiner, A., & Luo, W. (2017). Tooth colour and whiteness: A review. *Journal of Dentistry*, 67, S3–S10. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2017.09.006>
- Karkhanechi, M., Chow, D., Sipkin, J., Sherman, D., Boylan, R. J., Norman, R. G., Craig, R. G., & Cisneros, G. J. (2013). Periodontal status of adult patients treated with fixed

- buccal appliances and removable aligners over one year of active orthodontic therapy. *The Angle Orthodontist*, 83(1), 146–151. <https://doi.org/10.2319/031212-217.1>
- Kesling, H. . (1945). The philosophy of the tooth positioning appliance. *American Journal of Orthodontics and Oral Surgery*, 31(6), 297–304. [https://doi.org/10.1016/0096-6347\(45\)90101-3](https://doi.org/10.1016/0096-6347(45)90101-3)
- Khashayar, G., Bain, P. A., Salari, S., Dozic, A., Kleverlaan, C. J., & Feilzer, A. J. (2014). Perceptibility and acceptability thresholds for colour differences in dentistry. *Journal of Dentistry*, 42(6), 637–644. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2013.11.017>
- Khurana, R., Tredwin, C. J., Weisbloom, M., & Moles, D. R. (2007). A clinical evaluation of the individual repeatability of three commercially available colour measuring devices. *British Dental Journal*, 203(12), 675–680. <https://doi.org/10.1038/bdj.2007.1108>
- Kim-Pusateri, S., Brewer, J. D., Davis, E. L., & Wee, A. G. (2009). Reliability and accuracy of four dental shade-matching devices. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 101(3), 193–199. [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(09\)60028-7](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(09)60028-7)
- Koksal, T., & Dikbas, I. (2008). Color Stability of Different Denture Teeth Materials against Various Staining Agents. *Dental Materials Journal*, 27(1), 139–144. <https://doi.org/10.4012/dmj.27.139>
- Kumar, K., Bhardwaj, S., & Garg, V. (2018). Invisalign: A Transparent Braces. *Journal of Advanced Medical and Dental Sciences Research*, 6(7), 148–150. <http://jamdsr.com/uploadfiles/30InvasalignVOL6ISSUE7PP148-150.20180803050225.pdf>
- Kuncio, D., Maganzini, A., Shelton, C., & Freeman, K. (2007). Invisalign and Traditional Orthodontic Treatment Postretention Outcomes Compared Using the American Board of Orthodontics Objective Grading System. *The Angle Orthodontist*, 77(5), 864–869. <https://doi.org/10.2319/100106-398.1>
- Lagouvardos, P. E., Fougia, A. G., Diamantopoulou, S. A., & Polyzois, G. L. (2009). Repeatability and interdevice reliability of two portable color selection devices in matching and measuring tooth color. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 101(1), 40–45. [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(08\)60289-9](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(08)60289-9)
- Lehmann, K. M., Igiel, C., Schmidtman, I., & Scheller, H. (2010). Four color-measuring

- devices compared with a spectrophotometric reference system. *Journal of Dentistry*, 38(Suppl. 2), e65–e70. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2010.07.006>
- Levrini, L., Mangano, A., Montanari, P., Margherini, S., Caprioglio, A., & Abbate, G. M. (2015). Periodontal health status in patients treated with the Invisalign® system and fixed orthodontic appliances: A 3 months clinical and microbiological evaluation. *European Journal of Dentistry*, 9(3), 404–410. <https://doi.org/10.4103/1305-7456.163218>
- Li, Y., Deng, S., Mei, L., Li, Z., Zhang, X., Yang, C., & Li, Y. (2020). Prevalence and severity of apical root resorption during orthodontic treatment with clear aligners and fixed appliances: a cone beam computed tomography study. *Progress in Orthodontics*, 21(1). <https://doi.org/10.1186/s40510-019-0301-1>
- Liu, C.-L., Sun, W.-T., Liao, W., Lu, W.-X., Li, Q.-W., Jeong, Y., Liu, J., & Zhao, Z.-H. (2016). Colour stabilities of three types of orthodontic clear aligners exposed to staining agents. *International Journal of Oral Science*, 8(4), 246–253. <https://doi.org/10.1038/ijos.2016.25>
- Lopes, C., Torres, D., Oliveira, A., Severo, M., Alarcão, V., Guiomar, S., Mota, J., Teixeira, P., Rodrigues, S., Lobato, L., Magalhães, V., Correia, D., Carvalho, C., Pizarro, A., Marques, A., Vilela, S., Oliveira, L., Nicola, P., Soares, S., & Ramos, E. (2017). *Inquérito Alimentar Nacional e de Atividade Física, IAN-AF 2015-2016: Relatório de resultados*. Universidade do Porto. <https://ian-af.up.pt>
- Machado, R. M. (2020). Space closure using aligners. *Dental Press Journal of Orthodontics*, 25(4), 85–100. <https://doi.org/10.1590/2177-6709.25.4.085-100.sar>
- Malik, O. H., McMullin, A., & Waring, D. T. (2013). Invisible orthodontics part 1: Invisalign. *Dental Update*, 40(3), 203–215. <https://doi.org/10.12968/denu.2013.40.3.203>
- Manno, S. H. C., Manno, F. A. M., Ahmed, I., Ahmed, R., Shu, L., Li, L., Xu, S., Xie, F., Li, V. W., Ho, J., Cheng, S. H., & Lau, C. (2018). Spectroscopic examination of enamel staining by coffee indicates dentin erosion by sequestration of elements. *Talanta*, 189, 550–559. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2018.07.032>
- Marques, L. S., Barbosa, C. C., Ramos-Jorge, M. L., Pordeus, I. A., & Paiva, S. M. (2005). Prevalência da maloclusão e necessidade de tratamento ortodôntico em escolares de 10 a 14 anos de idade em Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil: enfoque



- psicossocial. *Cadernos de Saúde Pública*, 21(4), 1099–1106.  
<https://doi.org/10.1590/S0102-311X2005000400012>
- McNamara, J. A., Kramer, K. L., & Juenker, J. P. (1985). Invisible retainers. *Journal of Clinical Orthodontics*, 19(8), 570–578.  
[https://media.dent.umich.edu/labs/mcnamara/files/Invisible retainers.pdf](https://media.dent.umich.edu/labs/mcnamara/files/Invisible%20retainers.pdf)
- Memè, L., Notarstefano, V., Sampalmieri, F., Orilisi, G., & Quinzi, V. (2021). ATR-FTIR Analysis of Orthodontic Invisalign® Aligners Subjected to Various In Vitro Aging Treatments. *Materials*, 14(4). <https://doi.org/10.3390/ma14040818>
- Milosevic, A. (2017). Acid Erosion: An Increasingly Relevant Dental Problem. Risk Factors, Management and Restoration. *Primary Dental Journal*, 6(1), 37–44.  
<https://doi.org/10.1177/205016841700600105>
- Mokrzycki, W. S., & Tatol, M. (2011). Color difference Delta E - A survey. *Machine Graphics & Vision*, 20(4), 383–411. [https://wisotop.de/assets/2017/DeltaE- Survey-2.pdf](https://wisotop.de/assets/2017/DeltaE-Survey-2.pdf)
- Murthy, V., & Vijay. (2011). Orthodontics Without Braces and Wires !! ..... A New Paradigm. *Indian Journal of Dental Advancements*, 3(2), 508–511.  
<http://www.rep.nacd.in/ijda/pdf/3.2.508.pdf>
- Mutlu-Sagesen, L., Ergün, G., Özkan, Y., & Bek, B. (2001). Color stability of different denture teeth materials: An in vitro study. *Journal of Oral Science*, 43(3), 193–205.  
<https://doi.org/10.2334/josnusd.43.193>
- Neto, F. (2016). Sistema Art Aligner de Alinhadores Invisíveis: Relato de Caso. *O JornalDentistry*, 32, 22–28. <https://www.jornaldentistry.pt/pdf/Sist.Art.Aligner.pdf>
- Neves, A. A. C. (2020). *Alteração da coloração de alinhadores estéticos expostos a diferentes meios* [Unpublished master's thesis]. Instituto Universitário Egas Moniz.
- Nieber, K. (2017). The Impact of Coffee on Health. *Planta Medica*, 83(16), 1256–1263.  
<https://doi.org/10.1055/s-0043-115007>
- Oliver, R. G., & Knapman, Y. M. (1985). Attitudes to Orthodontic Treatment. *British Journal of Orthodontics*, 12(4), 179–188. <https://doi.org/10.1179/bjo.12.4.179>
- Papadimitriou, A., Mousouleas, S., Gkantidis, N., & Kloukos, D. (2018). Clinical effectiveness of Invisalign® orthodontic treatment: a systematic review. *Progress in Orthodontics*, 19(1). <https://doi.org/10.1186/s40510-018-0235-z>

- Paul, S., Peter, A., Pietrobon, N., & Hämmerle, C. H. F. (2002). Visual and Spectrophotometric Shade Analysis of Human Teeth. *Journal of Dental Research*, 81(8), 578–582. <https://doi.org/10.1177/154405910208100815>
- Pecho, O. E., Ghinea, R., Alessandretti, R., Pérez, M. M., & Della Bona, A. (2016). Visual and instrumental shade matching using CIELAB and CIEDE2000 color difference formulas. *Dental Materials*, 32(1), 82–92. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2015.10.015>
- Phan, X., & Ling, P. H. (2007). Clinical Limitations of Invisalign. *Journal of the Canadian Dental Association*, 73(3), 263–266. <http://www.cda-adc.ca/jcda/vol-73/issue-3/263.pdf>
- Pinho, I., Rodrigues, S., Franchini, B., & Graça, P. (2016). *Padrão alimentar mediterrânico: Promotor de saúde*. Direção-Geral da Saúde.
- Pinto, E. de M., Gondim, P. P. da C., & Lima, N. S. de. (2008). Análise crítica dos diversos métodos de avaliação e registro das más oclusões. *Revista Dental Press de Ortodontia e Ortopedia Facial*, 13(1), 82–91. <https://doi.org/10.1590/S1415-54192008000100010>
- Ponitz, R. J. (1971). Invisible retainers. *American Journal of Orthodontics*, 59(3), 266–272. [https://doi.org/10.1016/0002-9416\(71\)90099-6](https://doi.org/10.1016/0002-9416(71)90099-6)
- Porojan, L., Vasiliu, R.-D., Porojan, S.-D., & Bîrdeanu, M.-I. (2020). Surface Quality Evaluation of Removable Thermoplastic Dental Appliances Related to Staining Beverages and Cleaning Agents. *Polymers*, 12(8). <https://doi.org/10.3390/polym12081736>
- Proffit, W. R., Fields, H. W., & Sarver, D. M. (2013). *Contemporary Orthodontics* (5th ed.). Elsevier.
- Ragain, J. C. (2016a). A Review of Color Science in Dentistry: Colorimetry and Color Space. *Journal of Dentistry, Oral Disorders & Therapy*, 4(1), 1–5. <https://doi.org/10.15226/jdodt.2016.00148>
- Ragain, J. C. (2016b). A Review of Color Science in Dentistry: Shade Matching in the Contemporary Dental Practice. *Journal of Dentistry, Oral Disorders & Therapy*, 4(2), 1–5. <https://doi.org/10.15226/jdodt.2016.00156>
- Ribeiro, S. I. D. (2014). *O comportamento dos consumidores de vinho em Portugal- Impacto do género* [Master's thesis, Instituto Superior de Economia e Gestão].

- Repositório da Universidade de Lisboa. <http://hdl.handle.net/10400.5/7741>
- Ruyter, I. E., Nilner, K., & Möller, B. (1987). Color stability of dental composite resin materials for crown and bridge veneers. *Dental Materials*, 3(5), 246–251. [https://doi.org/10.1016/S0109-5641\(87\)80081-7](https://doi.org/10.1016/S0109-5641(87)80081-7)
- Ryokawa, H., Miyazaki, Y., Fujishima, A., Miyazaki, T., & Maki, K. (2006). The mechanical properties of dental thermoplastic materials in a simulated intraoral environment. *Orthodontic Waves*, 65(2), 64–72. <https://doi.org/10.1016/j.odw.2006.03.003>
- Sergl, H. G., Klages, U., & Zentner, A. (1998). Pain and discomfort during orthodontic treatment: Causative factors and effects on compliance. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 114(6), 684–691. [https://doi.org/10.1016/S0889-5406\(98\)70201-X](https://doi.org/10.1016/S0889-5406(98)70201-X)
- Sikri, V. K. (2010). Color: Implications in dentistry. *Journal of Conservative Dentistry*, 13(4), 249–255. <https://doi.org/10.4103/0972-0707.73381>
- Simon, M., Keilig, L., Schwarze, J., Jung, B. A., & Bourauel, C. (2014). Treatment outcome and efficacy of an aligner technique – regarding incisor torque, premolar derotation and molar distalization. *BMC Oral Health*, 14(1). <https://doi.org/10.1186/1472-6831-14-68>
- Srivastava, R., Jyoti, B., Kushwaha, S., & Shastri, A. (2017). Sequential Removal Orthodontics: An alternative Approach. *International Journal of Contemporary Medicine Surgery and Radiology*, 2(1), 32–36. [http://www.ijcmsr.com/uploads/1/0/2/7/102704056/ijcmsr\\_8\\_2\\_1\\_9.pdf](http://www.ijcmsr.com/uploads/1/0/2/7/102704056/ijcmsr_8_2_1_9.pdf)
- Tahmassebi, J. F., & BaniHani, A. (2020). Impact of soft drinks to health and economy: a critical review. *European Archives of Paediatric Dentistry*, 21(1), 109–117. <https://doi.org/10.1007/s40368-019-00458-0>
- Tamer, I., Öztaş, E., & Marşan, G. (2019). Orthodontic Treatment with Clear Aligners and The Scientific Reality Behind Their Marketing: A Literature Review. *Turkish Journal of Orthodontics*, 32(4), 241–246. <https://doi.org/10.5152/TurkJOrthod.2019.18083>
- Thukral, R., & Gupta, A. (2015). Invisalign: Invisible Orthodontic Treatment- A Review. *Journal of Advanced Medical and Dental Sciences Research*, 3(5), S42–S44. <http://jamdsr.com/uploadfiles/11.Invisalign.20151129054758.pdf>

- Wagner, M. C., Cavagni, J., Gaio, E. J., Brum, V. S., Jesus, L. H., Filho, M. S., Carrard, V. C., Dorneles, G. P., Peres, A., & Rösing, C. K. (2019). Effect of red wine and its major components on periodontitis and systemic inflammation in rats. *Journal of the International Academy of Periodontology*, 21(4), 139–147. <https://www.perioiap.org/publications/43-october-2019/192-effect-of-red-wine-and-its-major-components-on-periodontitis-and-systemic-inflammation-in-rats>
- Wee, A. G., Lindsey, D. T., Kuo, S., & Johnston, W. M. (2006). Color accuracy of commercial digital cameras for use in dentistry. *Dental Materials*, 22(6), 553–559. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2005.05.011>
- Weir, T. (2017). Clear aligners in orthodontic treatment. *Australian Dental Journal*, 62(Suppl. 1), 58–62. <https://doi.org/10.1111/adj.12480>
- Weltman, B., Vig, K. W. L., Fields, H. W., Shanker, S., & Kaizar, E. E. (2010). Root resorption associated with orthodontic tooth movement: A systematic review. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 137(4), 462–476. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2009.06.021>
- Zafeiriadis, A. A., Karamouzos, A., Athanasiou, A. E., Eliades, T., & Palaghias, G. (2014). In vitro spectrophotometric evaluation of Viverra® clear thermoplastic retainer discolouration. *Australian Orthodontic Journal*, 30(2), 192–200. <https://search.informit.org/doi/epdf/10.3316/informit.921236861926736>
- Zhang, N., Bai, Y., Ding, X., & Zhang, Y. (2011). Preparation and characterization of thermoplastic materials for invisible orthodontics. *Dental Materials Journal*, 30(6), 954–959. <https://doi.org/10.4012/dmj.2011-120>
- Ziuchkovski, J. P., Fields, H. W., Johnston, W. M., & Lindsey, D. T. (2008). Assessment of perceived orthodontic appliance attractiveness. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 133(Suppl. 1), S68–S78. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2006.07.025>

## ANEXOS

### Anexo I



#### Pedido de Autorização para realização do trabalho de projeto final do MIMD no Biomaterials Lab

Identificação do Estudante: Madalena Maria Guedes Pinto Eraclides, nº 112151

Título do Trabalho: Análise da estabilidade da cor do sistema Invisalign® quando exposto a agentes potencialmente corantes

Excelentíssimo Professor Doutor Mário Cruz Polido,

A aluna Madalena Eraclides, vem por este meio solicitar o acesso ao Biomaterials Lab para realização do projeto final do Mestrado Integrado em Medicina Dentária, intitulado de: Análise da estabilidade da cor do sistema Invisalign® quando exposto a agentes potencialmente corantes, orientado pela Professora Doutora Teresa Sobral Costa.

Com os melhores cumprimentos,

Monte da Caparica, 24 de novembro de 2020

Assinado por: **MÁRIO HUMBERTO DOS SANTOS  
CRUZ POLIDO**

Num. de Identificação: 053292871

Data: 2020.11.26 11:33:52+00'00'

Certificado por: SCAP.

Atributos certificados: **Membro do Órgão de  
Administração de Egas Moniz, Cooperativa de  
Ensino Superior, CRL**

COOPERATIVA DE CIDADÃO

• • • •